Niveau(x) d'enseignement: 4 Numéro EDUQ : 8870850
Centre d'intérêt: 870

Labonté, Thérèse.

L'acquisition des concepts scientifiques sous-jacents à la formation technologique dans l'enseignement professionnel au secondaire. I / Thérèse Labonté. -- Québec : Direction générale de l'enseignement et de la recherche universitaires, [1987?].
xi, 212 p. ; 28 cm.

Code: 7731-0113 ; 68-867-0687. Bibliogr.: p. [202]-212.

ISBN 2-550-12458-8

Vedette(s)-secondaire(s): Québec (Province) Direction générale de l'enseignement et de la recherche universitaires

Descripteur(s): Enseignement professionnel * Formation professionnelle * Concept * Méthode d'apprentissage * Théorie de l'apprentissage * Technologie * Revue de la documentation * Secondaire (Ordre d'enseignement)

Identificateur(s) de sujet: Formation technologique

Un premier chapitre évoque les vastes horizons de la technologie et s'arrête notamment sur les interrelations de la technique, des sciences et de la société. Il explique l'intérêt soulevé par la formation scientifique au secondaire professionnel et tente de décrire le cadre de l'insertion de cette formation. Quelles connaissances scientifiques devraient acquérir les élèves du secondaire professionnel? Le deuxième chapitre regroupe quelques études ayant touché divers aspects de cette question. La plus importante a été effectuée par la Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, à Ottawa. D'autres études ont été menées au Québec, en particulier à Chicoutimi, dans le secteur des techniques physiques, à Sherbrooke et à Rimouski. Le troisième chapitre montre comment des applications pédagogiques issues de diverses théories du développement et de l'apprentissage peuvent se compléter en ce qui concerne l'enseignement des sciences. A cette fin, l'auteure rappele brièvement les théories de Piaget, de Gagné, d'Ausubel et de Novak, qui ont donné lieu aux plus importantes applications relatives à la formation scientifique au secondaire. En conclusion, l'auteure formule quatre recommandations sur la formation en sciences dans l'enseignement professionnel.

Type de document: r
Notice(s) connexe(s): 8770497, 8570702

L'ACQUISITION DES CONCEPTS SCIENTIFIQUES SOUS-JACENTS À LA FORMATION TECHNOLOGIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL AU SECONDAIRE

TOME I

Québec

EDUQ
8870850

L'ACQUISITION DES CONCEPTS SCIENTIFIQUES SOUS-JACENTS À LA FORMATION TECHNOLOGIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL AU SECONDAIRE

TOME I

Thérèse Labonté

Direction générale de l'enseignement et de la recherche universitaires

Ministère de l'Enseignement supérieur
  et de la Science
Direction générale de l'enseignement
  et de la recherche universitaires
Direction des affaires académiques
Service de la recherche
1033, rue De La Chevrotière
Édifice G, 20e étage
QUEBEC (Québec)
G1R 5K9
(418) 643-3706

© Gouvernement du Québec

Dépot légal: premier trimestre 1987
Bibliothèque nationale du Canada
Bibliothèque nationale

ISBN: (tome 1) 2-550-12458-8
       (tome 2) 2-550-16319-2

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION 1

CHAPITRE PREMIER: DÉFINITION ET SITUATION DU PROBLÈME

A. Définition des termes et expressions "technologie", "concepts" et "acquisition de concepts" 4

1. Qu'est-ce que la technologie?

a. Les horizons de la technologie
- La première définition en français 4
- L'horizon le plus vaste de la technologie et le point de vue envisagé dans ce travail 5

b. En quoi consistent les objets techniques
- Variété des définitions 6
- Définition scientifique 6

c. Qu'est-ce que la technique?
- Distinction entre science et technique 7
- Origine des techniques 7
- La technique et ses relations avec la science 8
- Synonymie possible des termes technologie et technique 8
- Commentaires sur le titre de ce travail. 9

d. Relations entre les objets techniques et la technique d'une part, et l'homme et son environnement d'autre part
- Technologie, créativité et besoins de la société 9
- Interrelations des techniques et de la société 10
- Les objets techniques et l'environnement physique 11

Pages

2. Concepts et notions 12

3. Acquisition de concepts 13

B. Justification de l'intérêt relatif à l'acquisition des concepts scientifiques sous-jacents aux technologies 14

1. Argument tiré de l'analyse des technologies 15

2. Argument fondé sur l'évolution rapide des technologies et sur la nécessité de s'y adapter 15

3. Argument tiré des résultats de certaines études portant sur des travailleurs 17

a. Brève description des études en cause 17

b. Quelques commentaires sur les expériences, l'organisation conceptuelle et la représentation d'une théorie 20

C. Cadre général de la formation en sciences 21

1. Acquisition de concepts scientifiques et formation de base 22

a. Initiation scientifique et langage 22

b. Concepts scientifiques, classification et raisonnement 23

c. Concepts scientifiques de base et mathématique 24

Pages

2. Remise en cause de la formation professionnelle avant la fin du secondaire 25

a. Les réformes proposées au Québec 25

b. Quelques résultats de la consultation populaire 26

c. Quelques éléments des réformes proposées aux Etats-Unis 26
- Le rapport "High School" 27
- "A Place Called School: Prospects for the Future" 27
- "The Paidea Proposal" 28
- Quelques commentaires 29

3. La formation en sciences dans l'enseignement général 30

a. Au Canada 30

b. Aux États-Unis 32
- "A Nation At Risk" 32
- "Making the Grade" 33
- "Educating Americans for the 21st Century: A Report to the American People and the National Science Board 34
  . De nouvelles habiletés de base 34
  . Un mécanisme national d'évaluation 35
  . Quelques suggestions pour améliorer les programmes 35
  . Quelques commentaires 38

Pages

D. Quelques études et expériences menées au Québec 40

1. Les ateliers de culture à la polyvalente Le Boisé de la Commission scolaire des Bois-Francs: une expérience au secondaire professionnel 42

a. En quoi consistent les ateliers de culture 42
- Genèse et hypothèse de travail 42
- Définition 43
- Objectif général 43
- Méthode 44
  . Sensibilisation au milieu et action concertée 44
  . Intégration progressive des matières 45
- Les élèves inscrits aux ateliers en septembre 1983 46
- Une réalisation, à titre d'exemple 47
- Évaluation et résultats 53

b. Les ateliers de culture et l'enseignement des sciences 57

2. L'utilisation du Science Curriculum Improvement Study (Secret des Choses - Invitation à la Science) dans les écoles primaires de la Commission scolaire Vallée de la Lièvre (Regroupement de Gatineau). 62

a. Les grandes lignes du programme 62

b. Les grandes phases de l'acquisition d'un concept 65

Conclusion et plan de travail. 66

Pages

CHAPITRE DEUXIÈME: ÉTUDES SUR L'IDENTIFICATION DES CONCEPTS SCIENTIFIQUES SOUS-JACENTS A LA FORMATION TECHNOLOGIQUE AU SECONDAIRE PROFESSIONNEL

Introduction 68

A. Études canadiennes

1. La recherche sur les habiletés génériques

a. Présentation de l'étude canadienne sur les habiletés génériques

- Définition de l'expression "habileté générique" 69
- Objectifs 71
- Méthodologie 71
- Résultats: quelques commentaires 74

b. Précisions supplémentaires sur les recherches concernant les habiletés génériques en sciences

- Origine de l'étude 75
- Hypothèses générales et objectifs 77
- Méthodologie 77
  . Classification des habiletés 78
  . Élaboration d'un questionnaire 78
  . Échantillonnage et collecte des données 79
  . Analyse des données 80
- Résultats généraux et conclusions 81

2. L'identification de besoins en sciences physiques 86

a. Objectifs 87

Pages

b. Méthodologie 87
. Le questionnaire 88
. Les sujets de l'enquête 89
. L'analyse des données 89

c. Résultats généraux et conclusions 89

3. Connaissance scientifiques fondamentales et enseignement des techniques de soudage 95

a. Les objectifs du sondage et le questionnaire 95

b. La collecte et l'analyse des données 96

c. Les résultats 97

4. Sciences et agrotechnique au secondaire professionnel 99

a. Les carences dans le domaine des sciences 99

b. Un essai de solution 99

c. Connaissances scientifiques de base et agrotechnique au secondaire 100

5. Élaboration d'un "tutoriel" et classification de concepts relatifs à l'électricité 101

a. Les objectifs du tutoriel 102

b. Une définition rigoureuse du mot concept et un exemple de son utilisation dans le domaine de l'électricité 102

Pages

B. Études américaines 106

1. Le projet d'analyse des emplois de l'Université de l'Ohio 107

2. Des modules d'enseignement sur des concepts de base de la physique 108

3. Deux ouvrages sur l'initiation à la démarche scientifique 110

4. Une vue constructiviste des habiletés de base 112

Conclusion

CHAPITRE TROISIÈME: THÉORIES GÉNÉRALES DU DÉVELOPPEMENT ET DE L'APPRENTISSAGE ET DÉMARCHES PÉDAGOGIQUES QUI S'EN INSPIRENT

Introduction 117

A. Piaget

I. La théorie de Piaget sur le développement intellectuel: brève description

1. Considérations générales

a) Le développement mental: constance de certains fonctionnements et structures variables 120
b) Énumération des stades 121
c) Évolution mentale, recherche d'équilibre et adaptation 122

Pages

2. Les stades

   a) La période de l'intelligence sensori-motrice et la période pré-opératoire 124
   b) La période des opérations concrètes 126
      - brève description 126
      - la notion de conservation 127
      - opérations concrètes et structures d'ensemble 128
   c) La période des opérations formelles 129
      - brève description 129
      - la formulation des caractéristiques de la pensée formelle 130
      - la combinatoire 131
      - le groupe des quatre transformations 132

3. Piaget et l'acquisition de concepts

   a) Langage, structures conceptuelles et concepts 135
   b) Définition des classes ou concepts 136
   c) Liens entre concepts et actions élémentaires 137
   d) Élément-clé de la coordination de l'extension et de l'extension et de la compréhension 137
   e) La forme d'équilibre des classifications 138
   f) Concepts et notions 139

II. Quelques applications de la théorie de Piaget à l'enseignement des sciences

1. Implications dégagées par Piaget lui-même 140
   a) Acquisition de notions qualitatives de base et recours aux méthodes actives 141
   b) Formation à l'expérimentation 141

Pages

2. Aebli et la didactique psychologique
  a) La nature de l'acte d'intelligence précisée par Piaget 142
  b) La didactique traditionnelle des écoles suisses 142
  c) Aebli et la didactique de l'école active 144
  d) Aebli et la didactique générale s'inspirant de Piaget 145
    - Formation de la pensée et formulation de problèmes 145
    - Le problème, projet d'action pratique, éventuellement fictif 147
    - Le déroulement d'une unité didactique centrée sur la recherche personnelle des élèves 148
  e) Aebli et la didactique des sciences naturelles 149

3. Formes de raisonnement et compréhension des sciences
  a) Renner et la distinction des concepts concrets et de concepts formels 152
  b) Collea et les formes de raisonnement requis pour comprendre les sciences 153
  c) Prosser: Problèmes exigeant des raisonnements de divers types 154
  d) Le Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences 156

Conclusion 159

B. Ausubel et Novak

I. Bref aperçu de la théorie d'Ausubel et de Novak sur le développement intellectuel et l'apprentissage 160

Pages

1. Les stades 161
   a) Le stade pré-opératoire 161
   b) Le stade opératoire concret 161
   c) Le stade des opérations logique abstraites 161
   d) Schéma récapitulatif 162

2. Quelques précisions sur la théorie de l'apprentissage
   a) Apprentissages réceptifs et apprentissages orientés vers une découverte; apprentissages mécaniques et signifiants 163
   b) L'apprentissage signifiant et la théorie de l'assimilation: un élément fondamental de la théorie d'Ausubel 164
   c) Le rôle des concepts dans l'apprentissage signifiant 165
      - Apprentissage subordonné 165
      - Apprentissage supra-ordonné ou englobant 166
      - Apprentissage combinatoire 167
   d) Définition du mot concept selon Ausubel; quelques précisions sur la nature des concepts et l'acquisition de ceux-ci 167
      - Définition du mot concept 167
      - Les concepts, filtres de la réalité 168
      - Quelques précisions supplémentaires sur l'acquisition des concepts 169

Pages

II. Quelques applications de la théorie d'Ausubel et de Novak à l'enseignement, notamment à celui des sciences

1. Quelques principes généraux et illustration schématique de ceux-ci 171

2. Deux techniques expérimentées par Novak dans l'enseignement des sciences 175
   a) Le "concept mapping" 175
   b) Le "V" de Gowin 176

Conclusion 181

C. Gagné

I. Quelques éléments de la théorie de l'apprentissage de Gagné

1. Définitions et notions fondamentales

a) Définition de l'apprentissage 182
b) Champs d'apprentissages et habiletés intellectuelles 182
c) Les concepts concrets 183
d) Les concepts définis 183
e) Concepts définis, règles et solution de problèmes 184

2. La hiérarchisation des préalables 185

II. Deux exemples de hiérarchie d'apprentissage

1. Hiérarchie relative à un problème touchant la notion de travail 185

2. Hiérarchie concernant un problème sur l'électricité 186

Conclusion du chapitre troisième 191

CONCLUSIONS GÉNÉRALES (Sommaire et recommandations) 196

Bibliographie 202

L'acquisition des concepts scientifiques sous-jacents à la formation technologique dans l'enseignement professionnel au secondaire

INTRODUCTION

La formation technologique acquise au secondaire dans le cadre de l'enseignement professionnel doit-elle s'appuyer sur la maîtrise de concepts scientifiques? A première vue, la réponse peut ne pas sembler évidente. Si l'on perçoit le travail de l'ouvrier spécialisé comme relativement simple, et de caractère répétitif par surcroît, on sera tenté de répondre par la négative. Cette façon de voir a prévalu pendant bon nombre d'années.

Cependant, à la faveur de l'évolution technologique, et surtout depuis le début de la présente décennie, la nécessité d'une formation en sciences des ouvriers qualifiés s'est imposée peu à peu. Quelle doit être cette formation, quelle forme doit-elle revêtir, comment l'élève peut-il l'acquérir? Voilà autant de questions que se posent les responsables de l'enseignement professionnel.

Consciente de ce fait, la DGERU a cru qu'il serait opportun d'effectuer une étude documentaire et une synthèse de recherches sur ce sujet. Elle a donc confié, par l'intermédiaire du bureau des sous-ministres, le mandat d'un tel travail à un membre du personnel de la Direction de la Recherche du Secteur de la planification.

Ce travail s'insérait au départ dans une étude sur la formation de base au secteur professionnel. Celle-ci a donné lieu, lors du Colloque sur la recherche en formation professionnelle, en juin 1983, à un atelier intitulé La formation de base au secteur professionnel dans l'optique de la formation des maîtres[1].

---

[1] Labonté T., La formation de base au secteur professionnel dans l'optique de la formation des maîtres. Ministère de l'Education. Direction de la recherche, juin 1983, 62p.

De même, en mai 1984, l'étude sur l'acquisition de concepts scientifiques a permis la tenue d'un atelier-table ronde ayant pour thème la psycho-pédagogie des objets techniques[2]. Des éléments des communications et réflexions issues de ces ateliers seront insérés à l'intérieur des premiers chapitres de cet ouvrage. Ceux-ci, regroupés dans le présent volume s'intitulent comme suit:

I. Définition et situation du problème;
II. Études sur l'identification des concepts scientifiques sous-jacents aux technologies;
III. Théories générales du développement et de l'apprentissage et démarches pédagogiques qui s'en inspirent;

Un second volume comportera les chapitres suivants:

IV. Psychopédagogie des objets techniques.
V. Méthode scientifique et formation professionnelle.

Un troisième volume devrait compléter ce travail et présenter

a) des réflexions et études sur l'acquisition des concepts scientifiques en général ou de concepts scientifiques que tous devraient acquérir;
b) des études sur l'acquisition ou l'enseignement de concepts scientifiques dans le cadre de l'enseignement professionnel au secondaire;
c) des conclusions générales sur les méthodes ou techniques d'enseignement les plus aptes à favoriser l'acquisition des concepts.

Évidemment ce travail ne prétend nullement constituer une étude exhaustive sur l'acquisition des concepts scientifiques au secondaire professionnel. Il ne vise qu'à susciter la réflexion sur des points essentiels, et à aider à mieux poser les problèmes relatifs à l'acquisition de connaissances scientifiques au secteur professionnel. Sans nul doute les lecteurs sauront, grâce à leur expérience et à leur perspicacité, trouver à ces problèmes des solutions adéquates.

---

2. Labonté T., Quelques réflexions sur la psychopédagogie des objets techniques et l'acquisition de concepts scientifiques. Compte rendu d'un atelier-table ronde avec J.P. Fons et Louis Joyal, mai 1984. 3e Colloque national: Recherche et prospective en formation professionnelle au Québec - Actes - U.Q.T.R., 1984, pp. 214-219.

Il nous est agréable d'offrir nos remerciements à MM. Jacques Babin, Jean-Paul Broudehoux, Gérard Létourneau, Fernand Paquette, Yvan Pelchat et Louis Pelletier pour leurs encouragements dans la poursuite de ce travail, à Madame Claire Vézina, qui a tapé ce texte avec patience, ainsi qu'au personnel de la bibliothèque administrative de l'Édifice "G", en particulier à MM. Ottman Ouardani et Robert Hamon.

Il importe aussi de signaler dans ces pages introductives le travail de pionnier mené au Ministère de l'Éducation par le centre de développement des profils de formation professionnelle (Gipex*).

L'apport du Gipex en ce qui concerne l'identification de concepts scientifiques est important, bien que leur mise en évidence ne constitue pas l'objet spécifique de ses préoccupations. Cet apport consiste principalement en ce qu'il relie aux diverses tâches des fonctions-types, les concepts scientifiques permettant d'en saisir le bien-fondé.

Comme on le sait, le groupe Gipex a préparé à l'intention des responsables de l'enseignement professionnel, des instruments de références. Il s'agit de répertoires de profils de formation professionnelle et de répertoires d'éléments de connaissances**.

Ces derniers répertoires se divisent en unités modulaires. Certaines de ces unités peuvent ne contenir que des connaissances scientifiques, par exemple celle qui s'intitule "Magnétisme et électromagnétisme" dans le répertoire relatif à l'électrotechnique.

Par leur apport relatif à l'identification de concepts scientifiques requis dans divers secteurs technologiques, les ouvrages de Gipex font ressortir, de prime abord, l'importance des objectifs de notre travail.

---

* Groupe interministériel des programmes et examens.

** Ces répertoires sont disponibles chez l'Éditeur officiel.

CHAPITRE PREMIER
DÉFINITION ET SITUATION DU PROBLÈME

Tous reconnaissent qu'un problème doit être posé clairement et lié à la situation particulière dans laquelle il s'imbrique. Le sujet de notre étude n'échappe pas à cet impératif. Aussi le premier chapitre tentera-t-il d'éclairer ce travail par une définition des termes principaux de son intitulé et par une justification de l'intérêt qu'il suscite.

Un essai d'analyse des relations entre formation de base et acquisition de concepts scientifiques étayera ces réflexions et sera suivi d'un bref exposé du plan de ce travail.

A. Définitions des termes et expressions "technologie", "concepts" et "acquisition de concepts"

Technologie, concepts et acquisition de concepts, voici trois termes ou expressions dont il nous semble nécessaire de préciser le sens.

1. Qu'est-ce que la technologie?

a. Les horizons de la technologie

- La première définition en français

La définition du mot technologie a donné lieu à de nombreux essais, plus ou moins englobants. Selon l'Encyclopédie qui a défini pour la première fois ce terme en français, la technologie traite "de la matière, de ses bonnes et mauvaises qualités, de ses différentes espèces, de la manière dont on la prépare, des opérations par lesquelles on la fait passer, soit avant de l'employer, soit en la mettant en oeuvre, des principaux ouvrages qu'on en fait, de la manière de les faire par pièces détachées et par pièces assemblées avec noms, descriptions et figures".

- L'horizon le plus vaste de la technologie et le point de vue envisagé dans ce travail

Un article récent intitulé L'éducation technologique doit être implantée au Québec[1] analyse et commente diverses définitions du mot technologie. Il ressort de cette étude que le champ de connaissance de la technologie peut toucher trois domaines:

a) les objets techniques
b) la technique elle-même
c) les relations entre les objets techniques et la technique d'une part, et l'homme et son environnement, d'autre part.

Certains auteurs considèrent l'un ou l'autre de ces aspects. D'autres, par contre les intègrent tous et définissent en gros la technologie comme une discipline étudiant les trois domaines mentionnés ci-dessus. Leur point de vue prévaudra dans ce travail, qui sera centré principalement sur les concepts scientifiques sous-jacents aux techniques proprement dites, c'est-à-dire aux techniques industrielles.

Il convient cependant de donner quelques précisions sur les trois champs visés par la technologie.

---

[1] Baillargeon Raymond, L'éducation technologique doit être implantée au Québec. Information, Revue de l'AFQDE, numéro 1, 1984, pp. 12 - 15.

b. En quoi consistent les objets techniques?

- Variété des définitions

On peut définir les objets techniques de diverses façons, en fonction des aspects sous lesquels on les regarde. Ainsi, sur un plan très général et en fonction de leur origine on pourra les concevoir comme des objets mis au point par l'homme pour répondre à ses besoins. Une table, une fermeture-éclair, une dynamo, un tissu plastique seront ainsi des objets techniques.

D'un point de vue plus restrictif, on serait justifié de les définir cependant comme les "outils (...) employés dans les diverses branches de l'industrie"[2]. Cette définition rejoindrait, nous semble-t-il, l'acception courante à l'heure actuelle.

- Définition scientifique

Parmi les diverses définitions des objets techniques, nous retiendrons vu l'optique de ce travail, celle de B. Gillet et P. Charmet. Selon ces auteurs, les objets techniques sont "des objets fabriqués qui se définissent surtout par les relations qu'ils manifestent entre concepts scientifiques (intensité, force électromotrice, résistance, etc.)[3].

Les objets techniques résultent pour la plupart de données scientifiques fort diverses, qui, en elles-mêmes, peuvent ne pas être liées. Ce qui, dans les objets techniques évolués, dépasse le champ des sciences, "ce sont les relations entre les différent organes et, à l'intérieur des organes, les relations entre les lignées scientifiques constituant la texture de l'objet"[4].

---

[2] Guilbert L. et coll. Grand Larousse de la Langue française, Paris, Librairie Larousse, 1978, tome 7, p. 5966.

[3] Gillet B., Charmet P., Psychopédagogie de l'enseignement des objets techniques, Bulletin de Psychologie, 1974-75, XXVIII, 18, no 319, pp. 948-950.

c) Qu'est-ce que la technique?

- Distinction entre science et technique

Que la technique se différencie de la science est généralement accepté par tous. Si l'on considère leur essence, ces deux notions s'opposent même, selon l'encyclopédie intitulé La Philosophie, comme le pouvoir au savoir, la pratique à la théorie, et l'action à la connaissance.

> "Alors que la science recherche une explication systématisée des phénomènes naturels (...) la technique se propose d'agir sur le monde pour le soumettre aux besoins et aux désirs de l'être humain[5].

- Origine des techniques

La technique apparaît sur terre en même temps que les premiers hominiens. Elle serait même le signe de la naissance de l'intelligence humaine. En effet, comme le souligne l'ouvrage déjà cité, la "technique manuelle la plus simple en apparence suppose déjà une analyse, une réduction aux éléments du problème, c'est-à-dire une activité rationnelle"[6].

---

[4] Deforge Yves, L'éducation technologique. Paris, Casterman/poche, 1970, p. 88.

[5] Noiray André et coll., La philosophie. Centre d'étude et de promotion de la lecture, 1969, pp. 500 et 501.

[6] Idem, p. 501.

- La technique et ses relations avec la science

Dans son sens le plus général, la technique peut se définir comme "l'ensemble des procédés mis en oeuvre pour obtenir un résultat déterminé"[7]. Ainsi pourra-t-on parler de la technique du macramé, de la danse, des élections, etc.

A l'origine, la technique a précédé la science, mais depuis l'essor de celle-ci, et surtout depuis la fin du XIXe siècle, le rapport s'est modifié

> ... "La technique est devenue une science appliquée, les découvertes au niveau de la recherche fondamentale conditionnent son progrès; elle est la somme de la science déjà faite, interprétée en fonction d'un certain nombre de valeurs"[8].

Francis Bacon le disait déjà au XVIIe siècle. ..."Ce qui est cause dans la théorie devient moyen dans la pratique". Et plus d'une invention pratico-pratique est née d'une recherche désintéressée. Ainsi, l'inventeur de la bouteille Thermos ne se préoccupait pas au départ de trouver un moyen d'empêcher le refroidissement de son café; "ce qui l'intéressait, c'était la liquéfaction de l'hydrogène, l'étude de l'agitation cinétique des molécules de gaz"[9].

- Synonymie possible des termes technologie et technique

Les mécanismes d'application constituent même l'objet de la technologie, selon A. Noiray et ses collaborateurs. Cette science, ajoutent-ils, "décrit les procédés industriels utilisés dans un domaine déterminé; elle sera par exemple la science de la construction des organes des machines: engrenages, changements de vitesse, etc."[10]. Dans ce sens, on a affaire à une technologie, qui est, au sens propre, selon Lalande, "la théorie d'une technique. Quelquefois, par métonymie, continue le même auteur "le mot est employé pour *technique ou ensemble de techniques*[11].

---

[7] Foulquié Paul et St-Jean Raymond. Dictionnaire de la langue philosophique. 2e édition. Paris, P.U.F., p. 714.

[8] Noiray André et coll. Op. cit., p. 501.

[9] Idem, p. 501.

- Commentaires sur le titre de ce travail

Il est à souligner que le début du titre original de ce travail se formulait comme suit: "L'*acquisition des concepts scientifiques sous-jacents aux technologies enseignées*... Parce qu'il revêt ici le sens de technique, le mot technologie a été remplacé par l'expression formation technologique. Cette expression, beaucoup plus englobante, peut en effet inclure l'étude des objets techniques et des relations dont il sera maintenant question.

d) Relations entre les objets techniques et la technique d'une part, et l'homme et son environnement d'autre part

- Technologie, créativité et besoins de la société

Comme l'écrivait J. Chabal, la technologie concerne non seulement l'ensemble des techniques et des objets techniques, mais aussi l'ensemble "des attitudes de créativité et de création qui permettent d'imaginer et de façonner des objets techniques, de mettre au point des processus d'action"[12].

---

10. Idem, p. 501.

11. Lalande André, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*. Paris, P.U.F., 1976, p. 1107.

12. Chabal J. et coll. *Méthodologie de la construction mécanique*. Paris, Les éditions Foucher, 1973, p. 8.

Dans le cadre d'un travail qui se préoccupera de la psychopédagogie des objets techniques dans une perspective scientifique, il peut être opportun de rappeler que le seul modèle scientifique ne saurait rendre compte de tous les aspects des objets techniques. Celui-ci est sous-tendu par une finalité correspondant aux besoins de la société. Il requiert le concours de données multiples provenant de domaines variés[13].

Mobilisation de la créativité humaine et de ressources variées afin de répondre à un besoin, voilà ce qui semble déterminer en bref la naissance d'une technique.

- Interrelations des techniques et de la société

Le développement des techniques résulte d'expériences collectives accumulées sans cesse, transmises de génération en génération, et propagées géographiquement

> ... "Cet effet cumulatif est d'autant plus important que les hommes ont dans ce domaine une attitude pragmatique constante. Le résultat est si régulier que l'on a pu dire que tout procédé efficace est conservé et transmis indépendamment de toute justification"[14].

Et la technique, il va sans dire, modifie l'homme et son environnement. A ce sujet l'auteur que nous venons de citer, Maurice Combarnous, écrit notamment:

> ... "Aujourd'hui et en ce qui concerne un être pris individuellement, on constate qu'il naît dans un monde fait et que c'est ce monde qui l'élabore; de sorte qu'il est impossible de discerner les dispositions innées des dispositions acquises soit par mimétisme et adaptation soit par opposition"[15].

---

[13] Idem, p. 77.

[14] Combarnous Maurice, Les techniques et la technicité. Paris, Messidor, Éditions sociales, 1984, p. 46.

[15] Idem, p. 44.

Les interrelations de la société et des techniques conditionnent la vie des jeunes. Il importe donc que les jeunes connaissent ces relations afin de comprendre leur milieu et par comparaison, les milieux ne disposant pas des mêmes techniques. En particulier, les effets nocifs de certaines techniques ne doivent pas leur échapper.

- Les objets techniques et l'environnement physique

Les relations entre objets techniques et environnement physique varient grandement. Elles sont d'une importance capitale dans plusieurs cas et la technologie ne saurait les ignorer. Qu'on pense, par exemple aux effets de la chaleur et du froid sur le métal d'un pont, effets qu'on ne saurait ignorer au Québec sous peine d'ennuis sérieux. Et l'on ne peut oublier non plus, en mécanique automobile, que "les variations de température, de pression atmosphérique et de pourcentage d'humidité influent sur la combustion du moteur" et par conséquent sur sa "puissance de sortie"[16].

Et que dire des effets sur l'atmosphère de la combustion de l'essence dans les moteurs d'automobile? Les sources de pollution, dans une voiture, sont bien connues et certains manuels de mécanique automobile, par exemple celui de Crouze en identifient les causes et les remèdes[17].

Les relations entre objets techniques et environnement physique s'éclaircissent si l'on se réfère à certains concepts ou notions scientifiques. Au fait qu'est-ce qu'un concept et en quoi diffère-t-il d'une notion? Voilà un point qu'il importe d'élucider dès maintenant.

---

16. Crouze William H., Mécanique automobile, McGraw-Hill, 1979, p. 62.

17. Idem, p. 337.

2. Concepts et notions

Selon certains dictionnaires, le mot notion, au sens philosophique du terme, serait synonyme de concept. Cependant, ce mot peut désigner une connaissance élémentaire que l'on a d'une chose et cela des dictionnaires comme le "Grand Robert"[18] et le Dictionnaire de là langue philosophique[19] le reconnaissent également.

Ce dernier ouvrage définit le concept comme "une représentation mentale abstraite et générale"[20]. Si l'on se réfère à la logique, un concept se caractérise par la compréhension et par l'extension. La compréhension est "l'ensemble des caractères que l'analyse découvre dans un concept"[21] alors que l'extension est l'"ensemble des êtres ou faits individuels auxquels peuvent convenir une idée ou concept et le terme qui les exprime"[22]. Ainsi, la compréhension du concept de Québécois correspond à la question "Qu'est-ce qu'un Québécois? et l'extension à la question "Qui est Québécois".

Dans le domaine scientifique, si l'on donne à notion le sens de connaissance élémentaire on pourra dire que les notions précèdent les concepts et parler, par exemple, "des notions de physique et de chimie données à l'école primaire"[23]. Et ceci amène à réfléchir sur ce que signifie l'expression "acquisition de concept" utilisée dans le titre de ce travail.

---

[18] Robert Paul, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française. Paris, Société du Nouveau Littré, tome quatrième 1980, p. 654.

[19] Foulquié Paul et Saint-Jean Raymond, Dictionnaire de la Langue philosophique. Paris, P.U.F. 1969, p. 482.

[20] Idem, p. 113.

[21] Idem, p. 111.

[22] Idem, p. 263.

[23] Dubois et coll. Dictionnaire Larousse du français contemporain. Paris, Librairie Larousse, 1966, p. 777.

3. Acquisition de concepts

L'acquisition de concepts semble être conçue de façon différente par chaque auteur qui s'est penché sur ce sujet. Le chapitre III présentera les vues de trois chercheurs dont les travaux semblent avoir inspiré le plus la didactique des concepts scientifiques. Cependant, nous voudrions poser dès maintenant quelques jalons permettant de mieux saisir certaines idées véhiculées dans ce travail.

Pour certains auteurs, la méthode à suivre dans l'acquisition des concepts est inséparable de l'acquisition des concepts eux-mêmes; tout en reconnaissant la nécessité de structurer les concepts, ils mettent l'accent sur l'initiation à la démarche scientifique. Qu'on nous permette de citer à ce sujet André Giordan dont "l'hypothèse de travail" est la suivante:

> "La présentation didactique et verbale du savoir est peu efficace; l'enfant doit construire les concepts scientifiques par un effort actif et personnel qui suppose une action effective conduisant à la remise en question des représentations spontanées, puis à un petit nombre de concepts de base[24].

D'autres auteurs, par exemple Novak, insistent davantage sur l'importance des apprentissages réceptifs signifiants, dont le contenu est présenté à l'élève sous une forme structurée et est intériorisé par ce dernier. Ces auteurs reconnaissent cependant l'utilité de l'apprentissage par la découverte dans l'initiation à la méthode scientifique et l'acquisition de concepts, notamment au début du primaire et plus tard lorsqu'on aborde un domaine nouveau. Ce qu'ils affirment c'est que la pédagogie de la découverte ne convient pas pour faire assimiler de vastes portions de matières à des sujets capables de saisir des concepts et des principes à travers un exposé.

---

[24] Giordan André, Une pédagogie pour les sciences expérimentales. Paris, Le Centurion, 1978, p. 192.

> "Learning by discovery is simply not a feasible primary method of transmitting large bodies of subject-matter content (for learners who are capable of learning concepts and principles through expository teaching) to warrant the vastly increased time-cost it entails"[25].

On le pressent déjà, l'un des enjeux de ce travail sera de faire ressortir s'il y a lieu, l'option qui convient le mieux aux élèves du secondaire professionnel, ou encore les complémentarités que l'on peut dégager des diverses écoles. Chose certaine, l'expression "acquisition de concepts" ne saurait désigner ici la simple mémorisàtion de définitions plus ou moins comprises, bien qu'il puisse s'agir de notions aussi bien que de concepts. Cela apparaîtra, nous semble-t-il, encore plus clairement, si l'on réfléchit sur les motifs de notre intérêt pour l'acquisition des concepts scientifiques au secondaire professionnel.

B. Justification de l'intérêt relatif à l'acquisition des concepts scientifiques sous-jacents aux technologies

L'intérêt relatif aux concepts scientifiques sous-jacents aux technologies - peut se justifier par divers arguments tirés de l'analyse des technologies et de l'évolution rapide de celles-ci, ainsi que d'une certaine conception de la psychologie de l'apprentissage. On pourrait aussi invoquer les résultats, quoique limités, de certaines études ayant porté sur des travailleurs.

---

[25] Ausubel D.P., Novak J.D., Hanesian H., Educational Psychology - A Cognitive View. Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, p. 520.

1. Argument tiré de l'analyse des technologies

Puisque les technologies découlent pour la plupart de l'application d'un ensemble de concepts et de principes scientifiques, il semble raisonnable de faire de ceux-ci un élément essentiel des programmes. C'est là l'un des arguments utilisés par Wolansky et Duvall[26] qui s'intéressent particulièrement aux arts industriels.

> "Most technological systems operate upon a core of scientific principles and concepts... It is possible to group scientific concepts which have a commonality of conceptual theme. Such concepts give rise to technology, industry and careers. These concepts are appropriate content for industrial technology".

2. Argument fondé sur l'évolution rapide des technologies et sur la nécessité de s'y adapter

A notre époque le savoir humain et ses applications s'accroissent à un rythme vertigineux. Les techniques prennent de plus en plus de place dans la société et les citoyens sont continuellement confrontés à des nouveautés qui modifient la vie de tous les jours.

L'impact des développements technologiques se fait ressentir encore davantage dans les industries où les ouvriers doivent s'habituer au maniement de machines nouvelles, parfois très différentes des précédentes.

---

[26] Wholansky W.D. et Duvall J.B., Curriculum Relevance for Industrial Arts. Journal of Industrial Teacher Education, 1975, vol. 12, no 4, p. 63.

Que faire devant une telle explosion du savoir et des techniques? Seul un regroupement des connaissances et des habiletés autour de concepts et de catégories fondamentales semble rendre possible l'adaptation à ce monde moderne. Cette idée rejoint, entre autres, la pensée de Spitzer:

> "We cannot afford to think of everything as unique and still be able to live our lives efficiently. Therefore, we must group our experience into categories, or else we would have to investigate everything separately and rarely would get anything accomplished"[27].

Dans un récent numéro de Vie pédagogique, J.R. Ethier, coordonnateur de l'enseignement professionnel à la commission scolaire régionale Lignery, s'exprime en des termes analogues:

> "L'explosion technologique de la dernière décennie et celle qui nous guette exigera du futur ouvrier qualifié (mécanicien d'automobile, machiniste, dessinateur, commis-comptable, secrétaire, etc.) une connaissance de plus en plus poussée des principes technologiques fondamentaux s'il veut être capable de faire des gestes professionnels plus complexes"[28].

Il convient d'ajouter ici que le fait de devoir s'adapter rapidement à des équipements nouveaux exige de maints ouvriers et techniciens qu'ils sachent utiliser sous diverses formes les connaissances et habiletés déjà acquises. C'est ce que d'aucuns désigneront sous le terme de "transfert", en se référant à la psychologie de l'apprentissage.

---

27. Spitzer D.R., Concept Formation and Learning in Early Childhood. Columbus, Charles E. Merrill, 1977, p. 23.

28. Ethier J.R., Le dynamisme pédgogique de la formation professionnelle. Vie pédagogique, no 25, juin 1983, pp. 17-19.

Or, n'est-il pas raisonnable de penser que l'acquisition des concepts sous-jacents aux technologies favorisera le "transfert" des apprentissages? Les concepts en cause n'évoluent-ils pas moins rapidement que les techniques elles-mêmes? Voilà un argument que présentent sous une forme analogue Wolansky et Duvall:

> "It is more defensible to use a conceptually-based approach in the selection of content for transfer of learning in similar context than it is to use a factual base. Concepts are not retired as quickly as facts"[29].

3. Argument tiré des résultats de certaines études portant sur des travailleurs

Au début des années 1960, Ausubel (1963) et Bruner (1960) ont exprimé l'opinion que l'organisation du contenu constitue une variable importante de l'apprentissage. Un peu plus tard, à partir de 1967, Moss, Pucel, Smith et Pratzner[30], de l'Université du Minnesota ont mené des études visant à mettre au point une façon de dégager les concepts techniques acquis par les travailleurs et de décrire leur structure psychologique.

a. Brève description des études en cause

Les hypothèses de base de ces études découlaient des travaux de spécialistes de l'apprentissage verbal, par exemple Deese[31] et

---

[29] Wolansky W.D. et Duvall J.B., Curriculum Relevance for Industrial Arts. Journal of Industrial Teacher Education, 1975, vol. 12, no 4, p. 63.

[30] Moss J., Pucel D.J. et all. An Empirical Procedure for Identifying the Structure of the Technical Concepts Possessed by Selected Workers in Smith Brandon B., Ed., ans Moss J. Jr.Ed. Report of a Seminar: Process and Techniques of Vocational Curriculum Development (Minneapolis, Minn., Feb. 28, Mar. 1, 1970), Apr. 1970, pp. 71 à 90.

[31] Deese J., On the Structure of Associative Meaning. Psychological Review 69, 161-75, 1962.

Johnson[32], qui utilisaient la technique de l'association libre afin d'esquisser la structure des concepts chez des individus. Voici quelques-unes de ces hypothèses:

- Des ensembles de connaissances sont sous-jacents aux diverses occupations et y sont reliées à la qualité du rendement.

- Le savoir technique sous-jacent à une occupation est constitué de concepts, "which are the psychological meanings - the understandints - of the things, processes and units of measure of the occupation"[33].

- Les concepts techniques, chez un individu, sont regroupés en une structure à l'intérieur de laquelle la position d'un concept particulier dépend de ses relations fonctionnelles avec d'autres concepts.

- Les termes ou les mots peuvent être considérés comme des moyens de désigner les concepts sous-jacents.

- Les travailleurs qui ont un rendement satisfaisant ont acquis le vocabulaire nécessaire pour désigner leurs concepts[34].

La première de ces études, celle de Moss et Pucel[35] montre que la technique de l'association libre permettait d'obtenir des données valables en ce qui concerne l'organisation des concepts chez d réparateurs de radio et de télévision. La seconde étude, menée par Smith[36] en 1968, permet de conclure que la description des concepts obtenue était suffisamment précise pour qu'on puisse la mettre en relation avec la qualité du rendement. Pratzner[37] compara notamment les structures conceptuelles de travailleurs répartis en deux groupes selon leur occupation et en dégagea les éléments communs et les éléments divergents.

---

[32] Johnson P.E., Associative Meaning of Concepts in Physics. Journal of Education Psychology, 55, 84-89, 1964.

[33] Voir la référence no 30, p. 72.

[34] Idem, p. 73.

[35] Moss J. and Pucel D.J., Using the Free Association Methodology to Determine the Conceptual Structure of Radio and Television Repairman. Minneapolis, Minn. Minnesota Research Coordinating Unit for Vocational Education, 1967.

Dans le cadre de ces études, il fut nécessaire de définir ce que l'on entend par les expressions "travailleur polyvalent" ("flexible" worker) et "travailleur non-polyvalent" ("inflexible" worker). Les contremaîtres devaient en effet sélectionner des échantillons formés de paires comprenant un travailleur polyvalent et un travailleur non polyvalent. On peut dire, grosso modo, que les travailleurs qui accomplissaient de façon satisfaisante une plus grande variété de travaux de réparations que les autres furent considérés comme polyvalents[38].

Malgré les limites de la portée de ces études, inhérentes à celles de l'échantillon (16 ouvriers en tout) et des mots stimuli utilisés, on peut conclure, selon les auteurs, que les structures conceptuelles des travailleurs polyvalents et des travailleurs non-polyvalents diffèrent de façon significative sous plusieurs aspects, dont voici quelques exemples[39]:

---

[36] Smith B.S., *Testing and Empirical Procedure for Identifying Technical Associative Conceptual Structure: Discriminating Between Flexible and Inflexible Radio and Television Repairman*. Unpublished Doctoral Thesis. Minneapolis, Minn.: University of Minnesota, 1968, 174 p.

[37] Pratzner F.C., *Testing an Empirical Procedure for Identifying Technical Associative Conceptual Structure: Discriminating Between Workmen Within and Between Two Occupations*. Unpublished Doctoral Thesis. Minneapolis, Minn. University of Minnesota, 1969, 228 p.

[38] Voir la référence no 30, p. 74.

[39] Idem, page 77.

- La logique de la structure conceptuelle des travailleurs non-polyvalents est plus difficile à saisir.

- L'organisation conceptuelle des travailleurs polyvalents est mieux équilibrée, mieux intégrée; les concepts y sont plus différenciés et ceux qui se situent au plus haut niveau sont plus nombreux.

- L'étendue du vocabulaire est plus large chez les travailleurs polyvalents.

Les auteurs soulignent toutefois que cette étude n'établit pas de relations causales entre la structure conceptuelle et le rendement, même si de telles relations semblent logiques[40].

b. Quelques commentaires sur les expériences, l'organisation conceptuelle et la représentation d'une théorie

Les associations étudiées dans ces travaux portaient, pour une bonne part, sur des concepts scientifiques. Il ne peut en être autrement, car la compréhension d'objets techniques tels que les appareils de radio et de télévision ne peut s'appuyer que sur des concepts de cet ordre.

Le regroupement ou la structure conceptuelle qui se dégage des associations en cause pour chaque individu permet d'avoir une idée de sa connaissance de la théorie relative aux appareils de radio et de télévision. Et comme l'écrivaient Ackermann et Zyzouris,

---

[40] Idem, p. 79.

> ... l'exposé de la représentation d'une théorie varie d'un sujet à l'autre et peut donner lieu à des ambiguités, tandis qu'une représentation rigoureuse d'une théorie ne devrait pas laisser place aux divergences d'interprétation[41].

Que la structuration mentale et l'étendue du vocabulaire jouent un rôle dans la polyvalence au travail ne saurait étonner: la formation technologique et scientifique ne peut faire abstraction de la formation de base. Bien des questions se posent à ce sujet; il importe de les aborder dès maintenant afin de mieux situer l'objet de cette étude.

C. Cadre général de la formation en sciences

La formation en sciences au secteur professionnel est liée à un ensemble de facteurs. L'un des principaux est la formation générale des élèves, et par ricochet la structure dans laquelle s'imbrique la formation professionnelle. Nous examinerons donc brièvement les thèmes suivants:

1. L'acquisition des concepts scientifiques et la formation de base.
2. La remise en cause de la formation professionnelle avant la fin du secondaire.
3. La formation en sciences dans l'enseignement général.

En quatrième lieu, nous décrirons rapidement deux essais de solutions, que l'on peut observer dans certaines écoles du Québec.

---

[41] Ackermann W., Zygouris Radmila. Représentation et assimilation de connaissances scientifiques. Bulletin du C.E.R.P., 22e année, tome XXII, 1973-1974, no 1-2, p. 14.

1. Acquisition de concepts scientifiques et formation de base

La maîtrise de concepts scientifiques suppose l'acquisition chez l'élève de multiples habiletés liées notamment au langage, aux mathématiques, à l'art de classifier et de raisonner correctement.

D'autre part, la formation de base ne saurait être complète sans les connaissances scientifiques qu'exigent dans notre monde moderne la vie courante et la saisie de l'actualité. Il convient donc d'examiner au moins quelque peu les relations entre divers éléments de la formation de base et l'acquisition de concepts scientifiques.

a. Initiation scientifique et langage

Pour s'initier aux sciences, l'élève doit pouvoir disposer d'un langage lui permettant d'envelopper et d'affiner les formes de raisonnement nécessaires pour acquérir concepts, principes et théories. L'initiation scientifique requiert aussi l'emploi de termes propres à la science et de mots d'usage courant, utilisés dans un sens particulier.

Selon J. Caretto et ses collaborateurs, afin de préparer plus efficacement les élèves à l'acquisition de concepts scientifiques précis,

> ... il est nécessaire d'élucider ceux qui ont été formés par l'environnement culturel et qui sont véhiculés par le vocabulaire courant, et d'essayer de savoir si des problèmes de langage ne font pas obstacle à l'introduction de notions scientifiques[42].

---

[42] Caretto J. et coll., Enquête par questionnaires sur quelques vocables d'orientation scientifique. Revue française de pédagogie, no 68, juil.-août-sept. 1984, pp. 61.

b. Concepts scientifiques, classification et raisonneme

On distingue communément deux niveaux dans les sciences: celui de la taxonomie et celui de l'explication. Si l'on accepte ce modèle, on comprendra aisément que l'initiation aux sciences requiert les capacités des classifier et de raisonner.

Étroitement liée à l'acquisition du langage et des rudiments des mathématiques, la capacité de classifier est inséparable de celle d'établir des relations. Comme l'explique si bien le Fascicule B du Guide pédagogique relatif à l'enseignement des mathématiques au primaire

> ..."les exercices de classification, par exemple, supposent plus ou moins implicitement l'établissement de relations d'appartenance, d'inclusion ou d'équivalence[43]".

Fait intéressant à signaler, l'ouvrage que l'on vient de mentionner intitule son premier chapitre La classification et le second Les relations.

Et si l'on veut faire saisir aux élèves l'essentiel de la démarche scientifique, il sera nécessaire de leur apprendre à manier le raisonnement expérimental. Celui-ci exige notamment la capacité de formuler des hypothèses, d'en dégager les conséquences et de vérifier les hypothèses retenues.

---

[43] Direction des programmes, Service du primaire. Guide pédagogique - Primaire. Mathématique - Fascicule B - Les concepts unificateurs. Québec, Gouvernement du Québec. MEQ, Direction générale du Développement pédagogique, p. 5, 1981.

Il convient d'initier graduellement à la démarche expérimentale; c'est d'ailleurs ce que suggère le Guide pédagogique des sciences de la nature pour le second cycle du primaire[44].

Concepts scientifiques de base et mathématiques

Il est vrai que l'acquisition de concepts scientifiques doit reposer sur des notions qualitatives. Cependant, dès le second cycle du primaire, le nouveau programme de sciences recommande l'utilisation "d'instruments simples de mesures ou d'observation qui permettront d'obtenir des renseignements sur l'environnement[45].

Or la prise de mesures suppose la capacité de compter et d'effectuer les quatre opérations. De plus, la maîtrise de notions scientifiques considérées comme fondamentales (ayant trait par exemple aux leviers et aux balances) exige la saisie des rapports proportionnels. La solution des problèmes élémentaires de chimie suppose aussi que l'on connaisse les règles de trois et les équations algébriques les plus simples.

Malheureusement, bien des élèves de l'enseignement professionnels ne maîtrisent pas les mathématiques nécessaires pour aborder les sciences enseignées au secondaire. Et d'aucuns se demandent si une formation technologique axée sur des concepts scientifiques ne devrait pas être reportée au post-secondaire, ce qui permettrait, opinent-ils, l'acquisition d'une meilleure formation de base. Ils s'insèrent ainsi dans un courant de pensée assez fort au Québec.

---

[44] Direction de la formation générale. Guide pédagogique. Primaire - Sciences de la nature - Second cycle, Québec, Gouvernement du Québec, 1983, 129 p.

[45] Idem, p. 88.

2. Remise en cause de la formation professionnelle avant la fin du secondaire

a. Les réformes proposées au Québec

Au cours des dernières années, divers responsables de l'éducation ont remis en cause la formation professionnelle donnée avant la fin du secondaire. Parmi eux figurait le Ministre de l'Éducation lui-même.

En 1982, le Ministère de l'Éducation formulait en effet, diverses propositions de relances et de renouveau relatives à la formation professionnelle[46]. Il accordait la priorité à une formation de base plus longue et plus solide et affirmait que "l'école secondaire doit donner à tous la possibilité d'acquérir une formation professionnelle de qualité...[47]

> "Qu'est-ce à dire, sinon que cette formation doit être assez poussée pour permettre de faire face aux changements technologiques, voire pour y participer activement, mais assez large et polyvalente pour permettre l'adaptation, la mobilité, le recyclage et le perfectionnement?"[48]

Sur le plan pratique, le Ministère prévoyait qu'en général, les programmes de formation professionnelle seraient offerts "après la cinquième année du secondaire"[49]. Comme on le sait, la population a pu se prononcer sur les réformes proposées au cours de colloques régionaux et d'audiences nationales présidées par le Ministre lui-même. Un document-synthèse résumait les résultats de la consultation populaire.

---

[46] Ministère de l'Éducation. La formation professionnelle des jeunes - Propositions de relance et de renouveau - Gouvernement du Québec, 1982, 87 p.

47. Idem, p. 52.

48, 49. Idem, p. 53.

b. Quelques résultats de la consultation populaire

De la consultation populaire se dégage, au point de départ, un consensus très large sur la nécessité d'appuyer la formation professionnelle sur une bonne formation de base"[50]. Mais l'on s'interroge sur le contenu et les modalités d'une telle formation: "Ne peut-elle pas s'acquérir par une formation professionnelle? Quelle est l'étendue de la formation de base? Est-il nécessaire d'avoir complété un secondaire général pour posséder une bonne formation de base?'[52] Bon nombre de participants pensent que de très nombreux élèves "n'attendront pas la sixième secondaire pour commencer des études professionnelles, que ce soit par manque d'intérêt pour les matières générales ou par désir de commencer plus tôt leur formation professionnelle"[53].

Les élèves du professionnel court posent un problème particulier. Mal à l'aise avec les notions abstraites (...), ils ont besoin d'approches pédagogiques axées sur le concret"[54], sur les manipulations...

> "... Ils ont besoin de passer beaucoup de temps en atelier; c'est là qu'ils font des apprentissages significatifs pour eux. Toutes ces caractéristiques font qu'il "semble irréaliste de prétendre exiger trois ans de formation de base de ce type de clientèle avant de lui permettre de commencer une formation professionnelle[55].

c. Quelques éléments des réformes proposées aux États-Unis

Aux États-Unis, les rapports des années 80 sur la qualité de l'éducation recommandent implicitement ou explicitement des changements majeurs en ce qui concerne la formation professionnelle au secondaire.

---

50. Ministère de l'Éducation. La formation professionnelle des jeunes. Propositions de relance et de renouveau - Synthèse de la consultation. Gouvernement du Québec, 1983, p. 42.
51, 52. Idem, p. 43.
53. Idem, p. 44.
54, 55. Idem, p. 49.

- Le rapport "High School"

Par exemple, dans son rapport intitulé High School[56], Ernest Boyer assimile la formation professionnelle à une promesse non tenue. On y décèlerait, sur le plan pédagogique, un manque de ressources modernes adéquates et une inaptitude à s'adapter au monde du travail.

Boyer recommande l'abolition des voies multiples au secondaire, et pour tous, une voie adaptée à chacun. Il s'agirait d'un tronc commun et d'un éventail de cours optionnels complétés par une évaluation et un "counseling" assurant une transition plus facile entre le "high school" et le monde du travail ou des études plus avancées. Pour offrir un plus vaste choix de cours, les écoles devraient former un réseau, créer des écoles spécialisées et se pourvoir de ressources provenant de l'extérieur du campus[57].

- A Place Called School: Prospects for the Future

Goodlad et ses collaborateurs ont mené une étude visant à mieux comprendre le fonctionnement des écoles, et ce, afin de pouvoir modifier celui-ci en connaissance de cause. Le rapport en fut publié en 1983, sous le titre A Placed Called School: Prospects for the Future[58].

L'école secondaire à voies multiples (separate tracks) est dénoncée par Goodlad. En vertu d'une telle organisation, explique-t-il on donne à certains élèves une forte dose de formation professionnelle.

---

[56] Boyer Ernest L., High School: A Report on Secondary Education in America. New York: Harper and Row Publishers, 1983.

[57] Idem, pp. 118-129.

[58] Goodlad John I., A Placed Called School: Prospects for the Future. New York: McGraw-Hill Book Co., 1983.

Pour cela, on restreint leur formation générale, parce qu'on les considère incapables de l'acquérir... Mais, peut-être ajoute-t-il, le système éducatif n'et-il pas encore ajusté à la tâche d'éduquer dans le sens que nous prônons.

> ... "But, perhaps the education system is not yet adjusted to the tasks of providing education our rhetoric continues to promise[59].

Goodlad recommande une formation générale et un programme commun pour tous. Il donne cependant à chacun la possibilité de choisir à titre complémentaire des champs d'études qui l'intéressent.

- "The Paidea Proposal"

Quant à Mortimer Adler, l'auteur de The Paidea Proposal. An Educational Manifesto[60], il apparaît peut-être comme le plus convaincu de l'importance de la formation générale. Il n'accorde même aucune place à un entraînement spécialisé durant les douze premières années de la scolarité. La formation générale lui semble être durant ces années la meilleure façon de préparer les jeunes à gagner leur vie.

> "The twelve years of basic schooling must prepare them for this task, not by training them for one or another particular job in our industrial economy, but by giving them the basic skills that are common to all work in a society such as ours"[61].

---

[59] Idem, p. 90.

[60] Mortimer J. Adler, The Paidea Proposal. An Educational Manifesto. New York, MacMillan Publishing Co. Inc., 1982, 84 p.

[61] Idem, p. 17.

- Quelques commentaires

Dans un article intitulé Tackling The Reform Reports Of The 1980s[62], H. Passow commente brièvement les propositions des réformateurs en ce qui concerne la formation professionnelle. En proposant pour les programmes, un tronc commun, accompagné, selon le cas, de cours choisis par les étudiants, les réformateurs, explique-t-il, affirment

- qu'une bonne formation générale et libérale constitue la meilleure formation professionnelle ("the best vocational specialized education").

- que tous les élèves ont besoin d'orientation professionnelle mais non pas d'un entraînement spécifique concernant un emploi.

> ... "that career orientation is best undertaken in experienced-based internships, that equity is better achieved through such approaches than through a vocational education that creates a second-class citizenry"[63].

Cependant, ajoute Passow, même si les maîtres de l'enseignement professionnel acceptent quelques éléments de ces propositions, ils les considèrent comme dangereuses et pouvant conduire à l'injustice. Ils soutiennent que la formation professionnelle permet de garder à l'école un grand nombre d'élèves et de les y pourvoir d'expériences qui ont un sens pour eux[64].

Tout récemment, un communiqué issu du Conseil supérieur de l'Éducation du Québec présentait un rapport de cet organisme sur

---

[62] Passow Henry, Tackling The Reform Reports of The 1980s. Phi Delta Kappan, june 1984, vol. 65, number 10, pp. 674 à 683 incl.

[63] Idem, p. 678.

"l'état et les besoins de l'éducation"[65]. Il nous semble à propos de rapporter l'extrait suivant du communiqué:

> "Le défi, pour l'école actuelle, c'est de montrer que la formation fondamentale sert la personne et la société mieux que ne le feraient des apprentissages trop exclusivement utilitaires. Face à la difficulté de prévoir l'avenir et les changements fréquents dans l'emploi, la formation fondamentale apparaît comme la formation la plus vraiment utile"[66].

Le rapport en cause met en garde contre un utilitarisme selon lequel on ne raccorderait pas la pratique professionnelle aux principes de la science et de la technique[67].

Vu l'importance de la formation fondamentale, il est sans doute opportun de se demander quelles sont les tendances actuelles de la formation en sciences dans l'enseignement général. Revêt-elle une orientation susceptible de favoriser le raccordement dont il vient d'être question?

3. La formation en sciences dans l'enseignement général

a. Au Canada

Au Québec, diverses études relatives à l'enseignement des sciences sont actuellement menées par la Direction de la recherche du secteur de la planification; le compte rendu de ces travaux devrait être publié sous peu.

---

[65] Conseil Supérieur de l'Éducation. La formation fondamentale et la qualité de l'éducation. Rapport 1983-84 sur l'état et les besoins de l'éducation, Québec 1984, 62 p.

[66] De Nicolini Eliane. La formation fondamentale à l'ère du micro-ordinateur. Conseil supérieur de l'éducation. Direction des communications. Telbec, 10 janvier 85, p. 2.

[67] Idem, pp. 1 et 2.

Il est probable que les conclusions de ces travaux iront dans le même sens que celles de l'étude de quatre années effectuées sous les auspices du Conseil des sciences du Canada et publiée en 1984.

L'étude du Conseil des sciences du Canada a été menée sur deux fronts, à savoir

> "une investigation de la place passée et actuelle de l'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes, et l'élaboration de recommandations pour sa réorientation"[68].

Grosso modo, cette étude conclut qu'il "est impératif de renouveler l'enseignement des sciences"[69]

> ... "Dans un monde plus complexe, en évolution de plus en plus rapide, il faut que les élèves des écoles canadiennes reçoivent une éducation scientifique meilleure et plus large, qui les préparera aux défis de l'avenir"[70].

Pour renouveler l'enseignement des sciences on formule, en plus d'une cinquantaine de recommandations particulières, des recommandations générales. On recommande notamment ce qui suit:

- "garantir l'enseignement des sciences dans chaque école primaire";
- "représenter les sciences de façon plus fidèle";
- "mettre l'accent sur les interactions entre sciences, technologie et société";
- "donner à l'enseignement des sciences un contexte canadien";
- "initier les élèves à la technologie"[71].

---

68. Smith Stuart L., A l'école des sciences La jeunesse canadienne face à son avenir. Rapport 36, Hull, Centre d'édition du Gouvernement du Canada, avril 1984, p. 11.

69. Idem, p. 13.

70. Idem, p. 11.

71. Idem, p. 13.

Le Conseil des Sciences précise que l'enseignement des sciences doit promouvoir le développement moral et intellectuel des élèves, "faciliter l'adaptation au monde du travail"[72] et la participation à la société technologique, tout en permettant de poursuivre des études techniques ou scientifiques.

Il stipule d'autre part que la formation de base ne devrait manquer aucune occasion de tirer profit de l'actualité, qu'elle soit scientifique ou non, pour faire comprendre aux élèves

> ... "que les sciences et la technologie ne se résument pas à des matières scolaires, mais font partie intégrante d'un processus d'apprentissage continu dont il faudra toujours tenir compte"[73].

b. Aux États-Unis

- A Nation At Risk

Les récents rapports américains sur l'éducation préconisent aussi une amélioration de la formation en sciences. Ainsi le rapport *A Nation at Risk* recommande-t-il d'insérer dans le programme du high school, trois années de sciences pour tous[74].

Ce rapport veut convaincre les Américains du besoin d'une réforme de l'éducation. Cette réforme serait nécessaire s'ils veulent que leur pays entre de nouveau en compétition avec les autres nations sur le plan économique et militaire. En effet, conclut le rapport, le futur immédiat de l'Amérique est mis en danger par suite de l'érosion des fondements de l'éducation.

---

[72] Idem, p. 12.

[73] Conseil des Sciences du Canada. A l'école des sciences. *Spectre*, vol. 14, numéro 1, octobre 1984, Dossier spécial, p. 3.

[74] The National Commission on Excellence in Education. *A Nation [illegible] Risk: The Imperative for Educational Reform*. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1983, p. 24.

> ... "the educational foundations of our society are presently being eroded by a rising tide of mediocrity that threatens our very future as a Nation and a people"[75].

- "Making the Grade"

Le rapport du "Twentieth Century Fund Task Force on Federal Elementary and Secondary Education Policy" s'intitule "Making the Grade"[76]. Aujourd'hui, commente ce rapport, la formation en mathématique et en sciences est essentielle à notre économie.

Pour participer intelligemment aux décisions politiques concernant des sujets aussi controversés que la pollution, les radiations et l'énergie nucléaire, les citoyens doivent connaître les sciences. Le rapport Making the Grade recommande donc que le Gouvernement fédéral accentue l'utilisation de programmes visant à faire acquérir une culture scientifique de base par tous les citoyens ainsi qu'une formation avancée en sciences et en mathématiques aux élèves des écoles secondaires[77].

> ... "The schools must go beyond the teaching of basic science to give adequate training in advanced science and mathematics to a large enough number of students to insure that there are ample numbers capable of filling the increasing number of jobs demanding these skills"[78].

---

[75] Idem, p. 5.

[76] Twentieth Century Fund Task Force on Federal Elementary and Secondary Education Policy. Making The Grade. New York, Twentieth Century Fund, 1983, 175 p.

77, 78. Idem, p. 22.

- Educating Americans for the 21st Century: A Report to the American People and the National Science Board

"The National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and Technology[79] dénonce l'état inadéquat de plusieurs écoles et présente un plan d'action touchant tous les secteurs de la société. Bien qu'elles soient centrées sur les mathématiques, la science et la technologie, les recommandations de la Commission s'appliqueraient également selon celle-ci, à la littérature, aux langues étrangères, à l'histoire, aux arts, etc.[80].

- De nouvelles habiletés de base

Le rapport de la Commission, "Educating Americans for the 21st Century", recommande un retour aux habiletés de base. Mais attention! Les habiletés de base requises au 21e siècle ne touchent pas seulement la lecture, l'écriture et l'arithmétique. Elles concernent aussi la communication, la solution de problèmes de haut niveau et la culture scientifique et technologique. Elles doivent permettre de comprendre notre monde technologique. Elles sont nécessaires à tous - pas seulement aux plus talentueux ou aux plus fortunés[81].

---

79. National Science Foundation Washington, D.C., National Science Board Commission on Pre-college Education in Mathematics, Science and Technology. Educating Americans for the 21st Century. A Report to the American People and the National Science Board. Washington D.C., U.S. Government Printing Office, 1983, 124 p.

80. Idem, p. IV.

81. Idem, p. V.

La Commission déplore que trop de jeunes quittent l'école sans posséder adéquatement les rudiments des mathématiques, des sciences et de la technologie... Ils ne sont tout simplement pas équipés pour travailler dans une société de plus en plus technologique, pour y participer, en tirer profit et s'y plaire[82].

- Un mécanisme national d'évaluation

Visant à créer un nouvel engagement national propre à instaurer des changements majeurs dans l'éducation américaine ainsi qu'un système permettant d'en mesurer les résultats, les recommandations de la Commission requièrent notamment un mécanisme amélioré et national d'évaluation. Ce mécanisme* permettra d'évaluer les progrès et fournira aux communautés locales les données requises pour élaborer des programmes en mathématiques, en sciences et en technologie...[83]

- Suggestions pour améliorer les programmes

Puisque la science et la technologie sont parties intégrantes du monde d'aujourd'hui, elles doivent constituer des éléments essentiels des programmes depuis la maternelle jusqu'à la douzième année. Ceci importe particulièrement, souligne la commission, pour les jeunes qui quittent l'école à ce niveau[84].

---

[82] Idem, p. 1.

[83] Idem, p. 11.

[84] National Science Foundation, Washington D.C., Educational Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and Technology. Educating americans for the 21st century. Source Materials. Washington D.C., U.S. Government Printing Office, 1983. ED233912, p. 69.

* "an improved national assessment mechanism to monitor progress and provide local communities with data for program development activities in mathematics, science, and technology."

Il ne s'ensuit pas qu'il faille ajouter de nouveaux cours. Il convient plutôt d'incorporer soigneusement les concepts de mathématiques et de sciences et leurs applications pratiques aux cours qui existent déjà, même aux cours de sciences humaines (social sciences) et d'histoire.

Les cours de mathématiques eux-mêmes peuvent devenir plus intéressants et utiles si l'on y insère des concepts scientifiques et technologiques variés[85]. Ce qui importe le plus, c'est de familiariser les jeunes avec une approche technique et scientifique des problèmes quotidiens. On doit leur montrer que dans les domaines où la prise de décision requiert l'analyse, l'approche quantitative est non seulement logique, mais aussi beaucoup plus efficace que la simple intuition ou le sentiment.

> "What is even more important is to educate young students in the scientific and technical approach to the solution of every day problems. It must be demonstrated that the quantitative approach to reasoning is not only logical, but is also much more effective than simple intuition or feeling in dealing with matters where analytical decision making is appropriate"[86].

La Commission donne néanmoins des indications sur le contenu des programmes. Elle conseille d'attirer, grâce à des exemples, l'attention des élèves sur la façon dont le peuple peut contribuer aux changements technologiques et est affecté par ceux-ci. Elle suggère de montrer les interrelations des sciences des mathématiques, du génie et de l'économie dans l'élaboration de produits et de procédés. On peut recourir pour cela à des visites d'usines, à des démonstrations, à des produits réclamant une haute technologie[87].

---

[85], [86]. Idem, p. 69.

[87]. Idem, p. 71.

En ce qui concerne les mathématiques, les sciences et leurs applications, la Commission formule diverses suggestions. Nous en mentionnerons ici quelques-unes.

Dans un enseignement intégré des mathématiques, des sciences et du génie, l'utilisation des objets techniques peut revêtir diverses formes, selon le niveau des élèves. A ce titre, l'histoire des sciences et de la technologie fournit des exemples intéressants. Très tôt, on peut introduire dans les programmes des expériences qui font ressortir des relations quantitatives et invariantes en physique et en chimie, telles que celles de Galilée, Toricelli, Newton, Boyle, Dalton; on mettra l'accent sur la formulation mathématique et quelques applications pratiques[88].

On pourrait ensuite susciter des discussions sur des machines simples, et étudier par exemple les travaux des James Watt en ce qui concerne la machine à vapeur ainsi que les concepts scientifiques sous-jacents

> "Watt's use of the concepts of sensible and latent heat in the condenser design, poppet valves, planetary gears, and other machine elements provide numerous examples of scientific thinking which, along with synthesis, provided important practical benefits"[89].

De même, on peut parler des découvertes de Benjamin Franklin, au sujet de la transmission de la chaleur, lesquelles l'ont amené à contrôler le flux de l'air dans une cheminée et de celles du comte Rumford (Benjamin Thompson) sur le rôle des radiations. Les travaux de ces deux hommes ont influencé directement le design des poêle à bois et la forme des cheminées d'aujourd'hui.

88, 89. Idem, p. 71.

En somme, l'enseignement intégré que l'on recommande sera facilité si l'on établit des relations entre les travaux de divers scientifiques et les changements technologiques ayant modifié le style de vie du peuple et le développement de la nation[90]. Tout en les adaptant aux élèves, on aura soin d'insérer dans les programmes des concepts très généraux relatifs au génie, tels que ceux de système, d'élaboration de modèles ("modeling"), de feedback, de stabilité, d'optimisation, de décision analytique. Dans bien des cas, on pourra facilement trouver des exemples dans le monde et dans les localités où vivent les étudiants[91].

- Quelques commentaires

Par rapport à l'enseignement des sciences et des mathématiques, la plupart des rapports américains tirent des conclusions particulièrement pessimistes. Ces conclusions ont fait l'objet de divers commentaires et critiques, par exemple ceux de I.C. Rotberg, publiés en juin 1984 dans la revue Phi Delta Kappan[92]. Nous ferons écho à ces derniers parce que certains d'entre eux touchent les programmes de sciences.

Rotberg met en doute certaines données statistiques et interprétations concernant par exemple la comparaison de résultats d'étudiants américains et étrangers... Plusieurs rapports écrit-il, fondent leurs recommandations sur l'hypothèse - pas du tout étayée par la recherche - que le système d'éducation américain ne produit pas un nombre suffisant de scientifiques, d'ingénieurs, de mathématiciens, des spécialistes de l'informatique hautement qualifiés. Ces rapports recommandent une augmentation des exigences, de sorte que tous les étudiants suivent plus de cours d'algèbre, de physique ou de chimie.

---

[90] Idem, p. 71.
[91] Idem, p. 72.
[92] Rotberg Iris. C., A New Perspective on Math and Science Education. Phi Delta Kappan, vol. 65, number 10, june 1984, pp. 668-673.

Cependant, poursuit l'auteur, le problème est tout à fait différent. La population en général n'est pas suffisamment informée des résultats fondamentaux de la recherche ou de la façon de résoudre des problèmes de mathématique simple. Le problème ne réside pas dans le nombre ou la qualité de ceux qui deviendront des scientifiques[93].

L'enseignement traditionnel des sciences et des mathématiques, même si l'on en augmentait les exigences n'améliorerait que peu la formation de la grande majorité des étudiants. Ceux-ci bénéficieraient davantage d'un programme qui déborderait les frontières étroites des disciplines[94].

Trop souvent, l'enseignement traditionnel se contente de faire répéter par les élèves des termes chimiques ou des formules qu'ils ne comprennent pas ou dont ils ne voient pas l'utilité dans leur milieu. Comme la plupart d'entre nous le savent, grâce à leur propre expérience ou celle de leurs enfants, il en résulte que les élèves mémorisent une foule de choses. Mais ils ne peuvent les situer dans un contexte, saisir leurs origines ou expliquer comment on peut les utiliser.

En général, les élèves oublient rapidement ce qu'ils apprennent. Peut-être serait-il plus profitable de leur faire connaître la méthode scientifique et les résultats de recherche qui ont un impact sur les politiques publiques plutôt que d'essayer de leur faire apprendre toute la physique en une année scolaire.

---

[93] Idem, p. 671.

[94] Idem, pp. 671-672.

> Perhaps it would be more productive for students to understand scientific methodology and scientific issues that impinge on public policy, rather than to attempt to learn everything that is know about physics in one school year"[95].

Plus d'un professeur du Québec reconnaîtra sans doute ses opinions dans certains aspects des critiques de Rotberg. On l'a vu au dernier Congrès de l'Association des professeurs de sciences, plusieurs d'entre eux regrettent que les programmes actuels soient trop chargés et que leur contenu n'intéresse pas un grand nombre d'élèves. Certains ne veulent même pas envisager la perspective d'utiliser ces programmes dans l'enseignement professionnel.

D'autre part, l'idée qu'une formation en sciences est nécessaire au secteur professionnel fait son chemin, et des expériences fructueuses sont en cours tant à l'élémentaire qu'au secondaire. Il nous semble opportun de signaler dès maintenant deux d'entre elles qui - fait intéressant à signaler - semblent se situer dans la ligne de certaines recommandations du rapport Educating Americans for the 21st Century.

D. Quelques études et expériences menées au Québec

Au Québec, on a déjà effectué quelques études sur l'identification des concepts scientifiques sous-jacents aux technologies. De tels travaux se poursuivent actuellement dans des domaines précis, notamment à l'Université de Sherbrooke et à l'Université du Québec à Chicoutimi. Il en sera question dans le prochain chapitre.

---

[95]. Idem, p. 672.

Les expériences concernant l'enseignement des sciences au secondaire professionnel sont récentes et plutôt rares. Au primaire, avant que les nouveaux programmes de sciences de la nature ne soient introduits dans les écoles, les élèves ne bénéficiaient, règle générale, d'aucune initiation scientifique. Et s'ils n'ont pas choisi les cours optionnels d'écologie, de biologie et d'initiation aux sciences physiques, les élèves du professionnel long n'ont suivi, en général, aucun cours de sciences.

Au primaire, on peut relever cependant l'expérience que constitue l'utilisation du Science Curriculum Improvement Study (SCIS) dans certaines commissions scolaires, notamment celle de la Vallée-de-la-Lièvre. Des professeurs de cette commission scolaire ont d'ailleurs présenté une communication au dernier congrès de l'Association des professeurs de sciences et nous voudrions leur faire écho. Nous voudrions aussi présenter brièvement une expérience menée à Victoriaville, à la Polyvalente Le Boisé, dans le cadre de l'Atelier de culture.

Plusieurs journaux et revues ont déjà fait connaître le succès que remporte cette formule pédagogique. Mais en quoi consiste l'Atelier de culture et comment peut-on y greffer l'enseignement des sciences? La réponse à la première question s'inspirera de plusieurs documents, en particulier d'un texte présenté au Ministre de l'éducation, le 27 octobre 1980. Ce texte formulait des commentaires sur le document de travail relatif au colloque de l'automne sur la formation professionnelle des jeunes[96].

---

96. ----- La formation professionnelle au secondaire à Victoriaville. Un succès remarquable en quête d'un écho. Victoriaville Polyvalente Le Boisé, octobre 1980, 17 p.

1. L'Atelier de culture à la Polyvalente Le Boisé

a. En quoi consiste l'Atelier de culture?

- Genèse et hypothèse de travail

L'Atelier de culture constitue une réponse à un problème. En effet, en 1974, bon nombre d'étudiants de l'enseignement professionnel demandaient à être exemptés des cours touchant la formation de la personne[97]. Essayant de dépeindre les traits distinctifs de ces jeunes, on se rendit compte que certains abandonnaient aussi les cours d'anglais et de mathématiques. On observait aussi, chez plusieurs, de sérieuses difficultés en français, voire même un manque d'intérêt. On ne retrouvait une forte motivation qu'aux ateliers, c'est-à-dire lors de la formation pratique[98].

Pour prévenir l'abandon de toute formation autre que professionnelle, on décida de s'ajuster aux élèves en cause. On émit alors l'hypothèse que ces élèves s'intéressent à la formation donnée à l'atelier parce que "la gratification y est immédiate, en ce sens qu'elle est liée aux résultats concrets obtenus dans un délai très court"[99]. Par exemple, si un élève apprend à ajuster un moteur, il pourra le soir même, assurer à l'automobile familiale un meilleur fonctionnement.

Pourrait-on susciter pareil intérêt en ce qui concerne les connaissances scolaires? Qu'arriverait-il si l'acquisition de connaisances en français, en mathématiques, etc. permettait aux élèves du secteur professionnel d'obtenir des résultats semblables à ceux de la formation pratique? Seraient-ils aussi motivés qu'à l'atelier? Il est probable que oui, a-t-on pensé à la Polyvalente[100]. La Direction de l'école et une équipe de professeurs de l'enseignement professionnel ont dès lors collaboré à l'élaboration d'un projet visant à remédier à la situation.

---

[97] Idem, p. 3.

[98] Idem, p. 5.

[99], [100]. Idem, p. 6.

Chez les élèves du secondaire professionnel, l'acquisition des connaissances scolaires fut orientée vers la création de nouvelles façons de vivre.

> "En un mot, on décida d'amener ces étudiants à s'engager individuellement et en groupe dans l'analyse critique et dans la transformation immédiate de comportements liés à notre culture, d'où l'appellation d'Atelier de culture"[101].

- Définition

Nous emprunterons au principal artisan de l'Atelier de culture, M. Normand Maurice, sa propre définition de celui-ci:

> "L'Atelier de culture, c'est la formule que nous - par nous, j'entends les professeurs du professionnel long de la polyvalente de Victoriaville - avons instaurée dans le but de ranimer l'intérêt des élèves pour les matières de culture générale mais surtout afin de permettre à chacun d'entre eux d'acquérir la formation de base nécessaire à tout être humain"[102].

Dans les ateliers de culture, l'apprentissage est lié à l'action. Cela y est rendu possible par "l'intégration" de diverses matières et par un choix de situations d'apprentissage reliées à un problème du milieu. L'encadrement y est exigeant et la tâche de l'enseignement y est aménagée d'une façon nouvelle[103].

- Objectif général

L'objectif général de la formation professionnelle dispensée dans les ateliers de culture consiste "à former des citoyens aptes à s'adapter au changement technologique"[104].

---

101. Idem, p. 6.
102. 103. Maurice Normand, Un atelier de culture au "professionnel long". Vie pédagogique I, février 1979, p. 11.
104. Voir la ref. 96, p. 42.

Cet objectif, on s'en rend compte, se situe dans la ligne de ceux que proposait le Ministère de l'Éducation dans sa brochure sur la formation professionnelle des jeunes[105].

- Méthode

En vue de poursuivre cet objectif, on retint "le modèle d'organisation en cellule proposé par le Ministère"[106]. Tous les professeurs mettraient la main à la pâte, y compris ceux qui dispensaient la formation pratique.

- Sensibilisation au milieu et action concertée

Afin de sensibiliser les élèves à divers comportements sociaux et les inciter à améliorer ceux-ci, on adopte la démarche suivante, décrite dans la brochure intitulée Récupération Bois-Franc Inc[107].

1. "On attire d'abord l'attention des élèves sur un aspect de notre vie collective"
2. "On identifie ensuite, au cours de lectures ou de discussions, des changements de comportement souhaitable"
3. "On organise alors, en collaboration avec des organismes du milieu, des projets visant à promouvoir ces comportements"[108]

---

[105] Voir la réf. 46.

[106] ------- La formation professionnelle au secondaire de Victoriaville. Un succès remarquable en quête d'un écho. Victoriaville. Polyvalente Le Boisé, octobre 1980, p. 9.

[107] ------- Récupération Bois-Franc Inc. - Monographie rédigée à la demande du ministère de l'Éducation du Québec, Victoriaville, 1984, 56 p.

[108] Idem, p. 13.

Il va sans dire que les activités nécessaires à la réalisation des projets doivent favoriser l'acquisition des habiletés préconisées par les programmes. Ces activités peuvent consister à faire des achats, tenir un budget, rédiger des articles et des lettres, préparer des exhibits, converser avec des gens lors d'une exposition, solliciter l'appui de la population, etc.

- Intégration progressive des matières

La première année, on a intégré à l'Atelier de culture, l'enseignement du français et la formation de la personne. Une première enquête, menée en février, révéla un taux de satisfaction de 85%[109].

Les élèves ne demandaient plus à être exempté de l'enseignement moral, mais continuaient à abandonner les cours d'anglais et de mathématiques. L'année suivante, les parents exprimaient le désir que ces matières soient aussi intégrées aux ateliers de culture[110]. En moins de trois ans, les échecs en anglais diminuèrent de plus de 60%. En mathématiques, 40% des élèves en cause purent s'inscrire en voie moyenne et "obtenir un taux de réussite comparable à celui des élèves de l'enseignement général"[111].

A partir de l'année 1983-84, le programme d'histoire du Québec et du Canada fut "intégré au bloc Français - Formation de la personne"[112] et l'enseignement de la physique à celui des mathématiques[113].

---

109. 110. Voir la référence 106, p. 45.

111. Idem, p. 10.

112. 113. Arseneault Benoît et Tourigny André, *C.S.R. Bois-Francs, École Polyvalente Le Boisé - Projet de formation professionnelle.* Victoriaville, juin 1984, p. 7.

Il s'agissait du cours de Physique 441, qui correspond à celui de la voie allégée dans l'enseignement général. Le programme de Physique 422 devait être ajouté par la suite à la grille-matière[114].

De gros problèmes se posent en mathématiques, vue que certains élèves ne savent même pas comment effectuer les quatre opérations. Des exercices spéciaux sont nécessaires.

Les élèves inscrits aux ateliers

En septembre 1983, les élèves inscrits aux ateliers se répartissaient comme suit:

Options	Nombre d'élèves
"Infirmier(ère)-auxiliaire	18
Couture et habillement	16
Hydrothermie: Plomberie-chauffage et	10
fabrication métallurgique	16
Fabrication mécanique	13
Meuble et construction	30
Équipement motorisé	51
Électricité de construction"[115]	13
	167

Des élèves se préparant à devenir modeleur-stratifieur en plastique renforcé s'ajouteront au groupe au début de septembre 1984.

---

[114] Idem, p. 9

[115] Idem, p. 4.

Une réalisation à titre d'exemple: le projet de récupération de déchets

L'Atelier de culture a déjà réalisé, par exemple, des projets visant la "prolifération des espaces verts dans la cité"[116] grâce à la plantation d'arbres et "l'accroissement de la consommation de fruits"[117], chez les élèves de la Polyvalente.

Ces projets nécessitaient des contacts divers qui développaient les capacités de communication. Ils habituaient aussi à tenir un budget, à planifier des opérations, etc.

Afin de faire mieux saisir comment peut s'effectuer la réalisation d'un projet, nous décrirons brièvement l'un d'entre eux: le projet de récupération de déchets.

- La sensibilisation au problème du gaspillage

Depuis 1975, la nécessité d'économiser les ressources énergétiques s'impose de plus en plus. Les gouvernements ont publié sur ce sujet de nombreuses brochures et l'actualité y fait allusion très souvent.

A l'Atelier de culture, le mouvement a pris naissance à la suite de la lecture de la brochure "La poubelle au régime"[118].

---

[116] 117. ------- La formation professionnelle au secondaire à Victoriaville. Un succès remarquable en quête d'un écho. Victoriaville. Polyvalente Le Boisé, octobre 1980, p. 7.

[118] Bureau de la conservation de l'énergie, La poubelle au régime. Comment économiser énergie et argent en gaspillant moins. Energie, Mines et Ressources Canada, 1976, 118 p.

Dans un style simple et direct, ce petit ouvrage, publié par le Gouvernement fédéral attire l'attention sur le fait que chacun d'entre nous jette à la poubelle une quantité énorme de déchets, plus précisément "quelques 4 livres"[119] chaque jour. Et "les déchets, souligne la brochure, sont de l'énergie que vous gaspillez"...

> "Pourquoi? Parce que pour extraire du sol, pour fabriquer et pour transporter tous les produits que nous consommons - que ce soient les aliments, les vêtements, les emballages, les papiers ou les meubles - il faut de l'énergie[120].

La brochure fait ressortir qu'en réduisant la quantité de déchets, on économise à la fois l'énergie, les ressources, l'argent et que l'on protège en même temps l'environnement. Elle donne de nombreux conseils sur la façon d'éviter divers types de gaspillage et d'organiser un programme de recyclage.

Les élèves ont pris conscience des divers problèmes soulevés par la publication du fédéral, au cours d'une étape d'études et de recherches visant en particulier à développer le savoir-lire. "Les élèves approfondissent le sujet et évaluent les possibilités de recyclage des déchets dans leur communauté"[121].

- Le passage à l'action

Sensibilisés aux problèmes en causes, certains élèves décident de fonder à Victoriaville un groupe de récupération. Leur action débute dans la polyvalente même. Un premier essai permet de récupérer "plus de 80 livres de boîtes de conserves et quelques centaines de pots de verre"[122]. Deux constutations se dégagent de cette expérience: le public est disposé à collaborer et bon nombre des objets récupérés sont fabriqués pour être jetés.

---

[119] Idem, p. 11.

[120] Idem, p. 6.

[121] Sévigny Marc, Un atelier de culture et un instrument de changement social. Education Québec, vol. 9, no 7, 1980, p. 30.

- Un élargissement de l'action

. La récupération sur une plus vaste échelle

On décide alors d'organiser la récupération sur une plus vaste échelle. On diffuse des informations dans les bulletins paroissiaux, on visite divers organismes sociaux de la région afin de les mettre au courant du projet. On demande aux gens de téléphoner à des numéros précis s'ils désirent y participer.

Les jeunes ramasseront périodiquement le matériel à récupérer. Pour ce faire, ils utilisent les transports scolaires. Ils apportent ainsi à l'école le matin "quelques pots ou boîtes de métal"[123] écrasées dans de vieux sacs. Les élèves du primaire imitent en cela ceux de la Polyvalente.

On utilise plus à fond les médias de la région. Les élèves de l'Atelier rédigent articles, communiqués et reportages, "expliquant les avantages de la récupération des ressources en termes d'économie d'énergie"[124].

---

122. 123. Levasseur Roger, Projet d'un centre de récupération à Victoriaville. Le Nouvelliste, 22 avril 1977, p. 21.

124. Sévigny Marc, Un atelier de culture et un instrument de changement social. Education Québec, vol. 10, no 7, mai 1980, p. 30.

- La demande de normalisation des contenants de verre

Afin de sensibiliser le public au gaspillage résultant de l'utilisation de contenants de verre jetables, les jeunes tiennent des expositions dans divers villes et villages de la région.

Un exhibit présente par exemple un assortiment de pots de café et invite à en calculer le coût. Un autre fait ressortir les avantages, pour l'économie et l'environnement, de l'utilisation de contenants normalisés.

Les élèves de l'Atelier vont plus loin. Ils demandent la normalisation des contenants de verre utilisés dans l'alimentation. Avec l'aide de diverses associations de la région, ils font signer une pétition dans ce sens par plus de deux milles personnes. Cette pétition sera présentée par la suite aux députés fédéral et provincial[125].

Des reportages sur ces expositions sont envoyés dans tous les journaux du Québec.

- L'organisation d'une exposition d'arts

Les jeunes de l'Atelier atteignent même un sommet dans le déploiement de l'audace et de l'imagination. Ils organisent, en collaboration avec les caisses populaires de la région, une exposition d'arts, qu'ils baptiseront exposition d'Arts durs[126]. Selon les paroles mêmes de l'une des étudiantes responsables de cette manifestation, celle-ci a pour but de "sensibiliser la population aux richesses qui se trouvent dans nos poubelles et prouver que l'on peut faire des oeuvres utiles et décoratives avec les détritus"[127]. On y exposa, par exemple, une lampe électrique dont les supports sont constitués de boîtes de conserves.

---

[125] ------- Récupération Bois Francs. Monographie rédigée à la demande du Ministère de l'Éducation du Québec. Victoriaville p. 33.

[126] Idem, p. 13.

En plus de défrayer le coût de l'exposition, les caisses populaires fournissent les locaux requis. Les jeunes, qui ont fait la publicité et les invitations nécessaires, s'entretiennent avec le public au cours de l'exposition et recueillent son appui "pour la mise en place d'un centre de récupération dans la région"[128].

- La poursuite du projet

L'exposition d'Arts-durs, tenue au printemps 1977, se clôture par un dîner organisé à la polyvalente. Ce dîner réunit, outre les élèves de l'Atelier, les représentants du clergé, d'organismes sociaux de la région, des caisses populaires, les journalistes, les députés ou leurs représentants.

Lors de ce dîner, on arrive à la conclusion "que la présentation d'un projet Canada au Travail serait la façon la plus souhaitable d'assurer le développement de la récupération dans le milieu"[129]. Comme ces projets doivent être le fait d'organismes à but non lucratif, on décide d'en créer un sur le champ.

---

127. Maillot Pierre, Une exposition d'Arts durs. L'Union, 10 mai 1977.

128. Voir la référence 126.

129. ------- Récupération Bois Francs. Monographie rédigée à la demande du Ministère de l'Éducation du Québec. Victoriaville, 1984, p. 15.

Le 20 mai 1977, le Ministère des consommateurs, coopératives et institutions financières accorde les lettres patentes constituant la Corporation Récupération Bois Francs Inc.

> "Le conseil d'administration provisoire compte un président de caisse populaire, un prêtre (âme dirigeante du Centre de Relèvement et d'Information sociale*), un directeur d'école, un représentant d'un club de services, le président du club de presse de la région, un professeur de l'Atelier de culture et un échevin municipal"[130].

La brochure intitulée Récupération Bois Francs, publiée en 1984, à la demande du ministère de l'Éducation, ajoute que le conseil d'administration comptera, "au fil des ans", des représentants des milieux scolaire, ecclésial, municipal et des clubs de services. "Le potentiel éducatif et le poids politique de Récupération Bois Francs trouvent là leur explication"[131].

Le conseil d'administration jouera aussi un rôle d'entrepreneur. Il s'adjoindra des conseillers qui participeront bénévolement au développement d'une entreprise qui en 1985, emploie 12 travailleurs. Récupération Bois Francs récupère environ 400 tonnes de déchets par mois, ce qui correspond à une valeur de près de 26 000 $. Les retombées socio-économiques de l'entreprise ne se soldent pas seulement par la création d'emplois et le recyclage de ressources diverses, mais aussi par une diminution substantielle des taxes des contribuables de Victoriaville et Arthabaska.

La Corporation Bois Francs compte environ 1500 membres. Ceux-ci peuvent, lors de l'assemblée générale, participer à l'élection du conseil d'administration et se prononcer sur l'avenir de la corporation[132]. Le lecteur trouvera dans la brochure ci-dessus mentionnée des informations supplémentaires sur l'évolution de cet organisme.

---

* Ce Centre recevait le prix Desjardins en 1977. Il est dirigé par M. l'Abbé Raymond Roy. "Les animateurs du CRIS sont à l'origine d'une quarantaine d'organismes et d'entreprises communautaires où les citoyens s'assurent, par leur solidarité, des services qui leur conviennent davantage".(Idem, p. 7).

130, 131, 132. Idem, pp. 15 et 16.

Qu'il nous suffise d'ajouter qu'au dire même du ministre de l'Environnement, M. Adrien Ouellette, Récupération Bois-Francs est devenue "l'un des chefs de file en matière de tri à la source, de cueillette sélective, de récupération et de recyclage au Québec"[133]. En un mot, un modèle que l'on devrait imiter.

Pourrait-on soutenir le contraire si l'on sait que

> ... "les municipalités du Québec dépensent actuellement près de 100 millions par année pour enfouir 3 millions de tonnes de matériaux dont la quasi totalité est réutilisable par l'industrie moyennant la mise en place de certains incitatifs économiques"[134].

Soulignons qu'en février 1984, lors du sommet tenu à Montréal sur la récupération et le recyclage du papier et du verre, le ministère de l'Environnement s'est engagé à élaborer avec ses partenaires un plan de développement de ramassage sélectif. Un an plus tard en février 1985, les conclusions de deux études sur ce sujet, effectuées dans le ministère en cause sont publiés dans le Soleil sous le titre Le ramassage sélectif peut faire réaliser des économies[135].

- Évaluation et résultats

Sans exagérer le rayonnement de la Corporation Récupération Bois-Francs, et par delà, celui de l'Atelier de culture, on peut dire qu'il s'étend au Québec et même à l'extérieur. Déjà, en

---

[133] Ouellette Adrien, in Récupération Bois Francs, page frontispice.

[134] ------- Récupération Bois Francs. Monographie rédigée à la demande du Ministère de l'Éducation du Québec, Victoriaville, 1984, p. 55.

[135] Gagné Raymond, Le ramassage sélectif peut faire réaliser des économies. Le Soleil, jeudi, 28 février 1985, p. B-6.

France, des responsables de l'enseignement professionnel s'intéressent à la nouvelle formule pédagogique*. Mais il convient de s'interroger davantage sur sa valeur.

Un premier rapport d'évaluation

- Brève description

Un premier rapport d'évaluation de l'Atelier de culture fut produit en 1980, au terme d'une recherche subventionnée par le ministère de l'Éducation. Sous l'intitulé Évaluation du projet atelier de culture : solutions aux problèmes scolaire des élèves du professionnel long à la Polyvalente de Victoriaville, un document daté de mai 1980, résume en le vulgarisant l'essentiel de ce rapport.

Le document en cause souligne l'importance que revêtent, dans les ateliers de culture, la motivation de l'élève, l'organisation renouvelée du travail des enseignants et un encadrement comportant notamment comme exigences la "tenue obligatoire d'un cahier de travail", le silence et la "lecture personnelle " au début de chaque cours, de même qu'un "contrôle rigoureux des absences"[136].

L'évaluation a tenté de recueillir des informations sur:
- les activités d'apprentissage et d'enseignement
- les ressources humaines
- le potentiel et l'importance du projet
- l'interaction de celui-ci avec le milieu[137].

---

136. Boucher Normand, Gosselin Jean-Marc et coll. Évaluation du projet Atelier de culture : solutions aux problèmes scolaires des élèves du professionnel long à la polyvalente de Victoriaville. Recherche subventionnée par le Service de la Recherche du ministère de l'Éducation, mai 1980, p. 3.

137. Idem, p. 4.

* En 1983, la Polyvalente Le Boisé a été jumelée au lycée technique français Pulversheine. Les échanges revêtent plusieurs formes et portent notamment sur l'intégration de la formation de base à la formation technologique; ils se poursuivent encore cette année.

L'importance de ces cinq dimensions fut pondérée par la Direction et par des professeurs de la Polyvalente[138]. Les informations ont été recueillies à l'aide de huit questionnaires destinés soit aux étudiants, soit aux professeurs ou aux parents, soit encore aux administrateurs scolaires[139].

- Quelques résultats

Parmi les résultats obtenus, voici quelques-uns des plus marquants:

- "au-delà de 80% des répondants se disent très satisfaits des activités d'apprentissages"[140]
- 88% et 92% d'entre eux estiment respectivement que "les activités concordent avec les besoins et les intérêts des étudiants"[141] et que les résultats scolaires se sont améliorés. Une "étude de dossiers révèle que la réussite aux examens de certification s'est acccrue de 38%"[142].
- les expérimentateurs et les administrateurs reconnaissent que le travail en équipe et la disponibilité des professeurs permettent de porter plus d'attention aux élèves et de leur assurer un meilleur encadrement[143].

De nouveaux matériels et techniques sont créés, en ce qui concerne par exemple l'utilisation et la maîtrise de la grammaire, l'incitation à lire revues et journaux, l'adoption d'un cartable comme "outil de travail"[144]. Les élèves désirent cependant des méthodes d'enseignement plus variées et un recours plus fréquent à l'audio-visuel[145].

---

[138] Idem, pp. 4 et 5.

[139] Idem, p. 6.

140, 141. Idem, p. 7.

[142] Idem, p. 8.

[143] Idem, p. 8.

Les élèves sont satisfaits toutefois de l'attitude des professeurs à leur égard[146] et ils font preuve d'un plus grand civisme, d'une active participation aux ateliers et de l'acquisition d'une meilleure méthode de travail. Il s'avère nécessaire d'informer davantage les parents et de les intégrer "dans la réalisation de certaines activités"[147].

On recommande aussi une plus grande diffusion des informations relatives à l'expérience, tant à l'échelon régional que provincial[148].

- Autres rapport et résultats

En 1984, MM. Benoît Arsenault et André Tourigny, respectivement directeur et directeur-adjoint de la Polyvalente, présentaient un rapport d'évaluation à la Direction générale du développement pédagogique. Celui-ci fait état, notamment, du faible taux d'abandon scolaire (4% environ) et des répercussions favorables dans le milieu[149].

---

144. Idem, p. 9.

145. Idem, p. 8.

146, 147. Idem, p. 10.

148. Idem, p. 11.

149. Arsenault Benoît et Tourigny André. Projet de formation professionnelle. C.S.R. Bois-Francs, École Polyvalente Le Boisé, Victoriaville, Juin 1984, p. 8.

Mais surtout, ce rapport fournit les résultats obtenus dans les diverses matières scolaires en juin 1984. Il est intéressant de noter que dans le domaine de l'enseignement moral, 83% des élèves réussissent aujourd'hui, en 4e secondaire. En mathématiques 422, les succès se chiffrent à 84, 5% (38 élèves sur 45) alors que 87,5% (77 élèves sur 88) réussissent en maths 412[150]. Le pourcentage des réussites (85,4%) en physique 441[151] peut sembler assez étonnant au premier abord; c'est pourquoi nous examinerons quelque peu la question de l'enseignement des sciences dans les ateliers de culture.

b. Les ateliers de culture et l'enseignement des sciences

Comme on a déjà pu s'en rendre compte, les divers projets réalisés dans les ateliers de culture se prêtent bien à un enseignement occasionnel de diverses notions scientifiques. Par exemple, la confection d'une lampe à partir de boîtes de conserve oblige à acquérir une connaissance pratique des circuits électriques, et des leçons sur la nutrition ne vont pas sans quelques références à la biologie.

Mais il a semblé nécessaire aux professeurs de recourir à un enseignement plus systématique de l'enseignement des sciences. Comme nous le signalait le professeur enseignant la mécanique automobile, cette matière fait appel à de nombreuses notions de sciences: atomes, circuits électriques, combustion, moment d'un couple, etc. Et dans d'autres domaines, d'autres notions sont nécessaires, et exigent une formation de base en sciences, comme nous le verrons au chapitre suivant.

150, 151. Idem, pp. 13 et 14.

- Le programme choisi

Après entente avec la Direction générale du développement pédagogique, on a opté pour le programme de physique 441. Comme le signale l'Annuaire de l'enseignement secondaire 1978-79 (cahier 01)[152], "l'objectif pratique du cours ne doit pas être perdu de vue et les expériences fondamentales du laboratoire doivent être aménagées dans une perspective très pratique".

Grosso modo, les contenus de ce cours sont les suivants:

- "états de la matière"
- "mesures géométriques"
- "système international d'unités"
- "pesanteur, masse d'un corps"
- "force: notion, équilibre, résistance"
- "centre de gravité"
- "leviers, balance"
- "masse, densité"
- "hydrostatique, pression dans les liquides"
- "principe d'Archimède, principe de Pascal"
- "température et thermomètre, quantité de chaleur, changements d'états
- "force, travail, puissance"
- "constitution de la matière, structure de l'atome"
- "électrostatique"
- "courant électrique, circuit électrique"(...)
- "champ magnétique et courant électrique, électro-aimant"
- "lumière: propagation rectiligne, réflexion, réfraction"[153].

152, 153. Direction des programmes. Annuaire de l'enseignement secondaire 1978-1979 - Cahier 01, cours de formation générale. Direction générale du développement pédagogique, p. 61-30.

- La nécessaire révision en mathématiques

Un grave problème se posait d'entrée de jeu, un certain nombre d'élèves étant incapables d'effectuer les quatre opérations sur des nombres naturels; plusieurs ne maîtrisaient pas, outre les rapports et proportions, les multiplications et divisions de nombres précédés d'un signe (relatifs), des fractions, des nombres décimaux et des nombres accompagnés d'une fraction (rationnels). Ceci ne facilitait pas la prise des mesures nécessaires à l'acquisition des notions scientifiques en cause.

Qu'à cela ne tienne. Les deux professeurs responsables de l'enseignement des sciences et des mathématiques au professionnel, Madame Colette Trudel et Monsieur Benoît Perreault, ont mis au point toute une série d'exercices en vue de faire acquérir ces notions fondamentales. Les élèves y ont consacré tout le mois de septembre.

- La démarche suivie

Vint ensuite l'initiation au système métrique: mesures de longueur, d'aire, de volume et de masse... Se souvenant des théories et techniques de Piaget assimilées à l'École normale, Madame Trudel recourt à des exercices et manipulations s'inspirant, par exemple, de l'épreuve piagétienne sur la conservation de la substance, du poids et du volume lors de la dissolution du sucre. On mesure le volume par déplacement d'eau en faisant allusion à l'utilité de cette technique en cuisine (par exemple, mesure d'une masse difforme de graisse). On utilise toujours des objets ou des exemples tirés de la vie courante ou reliés aux projets de l'Atelier de culture.

Comme nous le faisait remarquer M. Benoît Perreault, l'enseignement intégré des sciences et des mathématiques comporte de nombreux avantages. Les notions communes aux deux matières ne sont vues qu'une seule fois, de façon plus complète et plus logique, ce qui limite les risques de confusion dans l'esprit de l'élève. On revise ou l'on apprend les mathématiques en les appliquant aux sciences. Par exemple, les propriétés des équations et les règles de trois trouvent leur application dans des expériences ou des problèmes divers.

Recourant à cette façon de procéder, on couvre la presque totalité du programme en abordant notamment les thèmes suivants:

- chaleur et température
- vitesse et accélération
- travail et force
- machines

Si bien qu'à la fin de l'année, les élèves peuvent réussir en très grand nombre un examen comportant, entre autres, les questions suivantes:

- "Un réservoir contient 80kg d'huile. Quel est le volume de ce réservoir sachant que la masse volumique de l'huile est de 0,9g/cm^3?

- "Le passage d'un corps de l'état solide à l'état gazeux s'appelle
  (A) Fusion
  (B) Vaporisation
  (C) Sublimation
  (D) Solidification
  (E) Aucune de ces réponses

- "Si je dissous 8g de sucre dans 50g d'eau, quelle devrait être la masse de la solution"?

- "L'aiguille d'un dynamomètre indique 25cm quand on y accroche une masse de 3kg. Combien indiquera l'aiguille du dynamomètre si on lui applique une force de 35N"?

- "On chauffe 12ml d'eau pure de 10°C à 32°C. Détermine la quantité de chaleur fournie. (Formule et calcul exigés)".

- "Jean exerce une force de 350N pour soulever une pelletée de terre à une hauteur de 2.5m. Quelle quantité de travail Jean a-t-il effectué? (Formule et calcul exigés)".

- "Une balle met 2,8 secondes à toucher le sol. Sachant que son accélération pendant la chute est de 9,8m/s^2, calcule la vitesse de la balle. (Formule et calcul exigés)".

- "Une force de 5N et une autre de 8N tirent un même point O. Sachant qu'elles font entre elles un angle de 60°, trouve la force unique qui les remplacera
  Échelle de 0,5cm = 1N (A) Détermine graphiquement la résultante des 2 forces
  (B) Trouve la force du vecteur représentant cette résultante".

En ce qui concerne l'enseignement des sciences et des mathématiques, on envisageait, pour l'année 1984-85 une concertation accrue entre les professeurs de l'enseignement général et ceux de l'enseignement professionnel. "Ces deux matières pourraient à notre avis, soulignent MM. Arsenault et Tourigny, s'intégrer partiellement à l'enseignement de la technologie"[154].

Il semble bien, d'autre part, que la formation de base et la motivation puisées dans les divers projets de l'Atelier de culture ont facilité aux élèves l'acquisition de notions scientifiques. La familiarisation avec une approche quantitative de problèmes divers, et la prise de conscience de leur capacité à les résoudre ont été sans doute, chez les élèves, des facteurs importants de réussite.

Chaque professeur de l'enseignement professionnel pourra probablement trouver dans les Atelier de culture des éléments susceptibles de l'inspirer. Il est aussi une autre expérience qui s'est tenue au Québec pendant une dizaine d'années et dont on pourrait, peut être, tirer profit au secondaire, bien qu'elle se soit déroulée au primaire. Il s'agit de l'utilisation du Science Curriculum Improvement Study, dans plusieurs écoles de la région de la Gatineau.

---

[154] Arsenault Benoît et Tourigny André. Projet de formation professionnelle. C.S.R. Bois-Francs, École Polyvalente Le Boisé, Victoriaville, Juin 1984, p. 9.

2. L'utilisation du Science Curriculum Improvement Study (Secret des Choses - Invitation à la Science) dans certaines écoles primaires du Québec

On peut penser que l'enseignement des sciences au secondaire sera facilité si les élèves reçoivent au primaire une initiation scientifique adéquate. Il nous semble qu'à ce propos les nouveaux programmes de sciences de la nature constituent un jalon important.

Il importe de souligner que quelques commissions scolaires du Québec, en particulier celle de la Vallée-de-la-Lièvre, ont introduit depuis bon nombre d'années dans leurs écoles, l'enseignement des sciences au primaire en recourant au Science Curriculum Improvement Study (SCIS). Deux enseignantes* rattachées à cette commission scolaire ont présenté un exposé sur une tranche du SCIS lors du dernier congrès de l'Association des professeurs de sciences en octobre 1984. A cette occasion, il nous fut possible de rencontrer le Frère Hormisdas Gamelin, conseiller pédagogique à la Commission scolaire Vallée-de-la-Lièvre, grâce auquel le SCIS y fut introduit, après qu'il en eut rencontré lui-même le principal artisan, M. Robert Karplus, docteur en sciences, professeur à l'Université de Californie.

a. Les grandes lignes du programme

Mis au point par une importante équipe dirigée par M. Robert Karplus, le SCIS fut subventionné par le National Science Foundation et expérimenté dans de nombreuses écoles américaines.

---

* Il s'agissait de Mesdames Jacqueline et Chantal Charron.

En 1970, l'Institut de Recherches psychologiques, en publiait, sous la direction de M. Jean-Marc Chevrier, une traduction française. Le SCIS portait désormais un nouveau nom: "Secret des Choses - Invitation à la Science".

Au Québec, la mise à l'essai du programme s'effectua à la C.S.R. des Mille-Isles, à l'instigation de M. Albert Lapierre, directeur du Département des Sciences[155]. En 1972, la Commission scolaire de la Vallée-de-la-Lièvre expérimentait le SCIS. Le succès de ce programme tiendrait, selon le Frère Gamelin à sa présentation claire et attrayante et à une préparation constante et soutenue des professeurs.

Le SCIS se compose de six tranches, dont chacune correspond à une année du primaire, et ce pour le cours de sciences physiques et celui de sciences biologiques.

Le concept de transformation ou de changement et le concept d'interaction déterminent l'unité du cours de sciences physiques, dont voici les grandes subdivisions:

- "L'univers des objets"
- "Interaction et systèmes"
- "Sous-systèmes et variables"
- "Position et mouvement relatifs"
- "Sources d'énergie"
- "Les modèles: interactions électriques et magnétiques"[156].

Le cours de sciences biologiques revient continuellement sur les interactions du vivant et de son milieu. Il comporte les tranches suivantes:

---

155. Chevrier Jean-Marc et coll., SCIS, Choix de leçons. Montréal, Institut de recherches psychologiques Inc., 1970, p. 3.

156. Idem, p. 9.

- "Le vivant"
- "Les cycles vitaux"
- "Les populations"
- "Les milieux"
- "Les collectivités"
- "Les écosystèmes"

Cette dernière tranche permettrait à l'élève d'effectuer "la synthèse de ses recherches tant dans le domaine des sciences physique que dans le monde des sciences biologiques"[157]. Comme on le sait, un écosystème est un "système formé par une collectivité d'organismes en interaction avec le milieu ambiant"[158]. Ainsi, une forêt, constitue un écosystème.

En sciences physiques, l'élève apprendra, au cours de sa sixième année d'études, à construire une pile électrochimique et à alimenter par exemple, une ampoule électrique. Il abordera la question des champs et pôles magnétiques et se familiarisera avec la notion de courant électrique, et même avec celles de couplage en série et de couplage en parallèle.

Cette tranche se terminera par une revision sur les sources d'énergie électrique et sur les phénomènes chimiques relatifs au courant électrique[159].

En cinquième année, on attirera l'attention de l'élève sur "les conversions d'énergie qui surviennent lorsque les objets, tant à l'état solide que liquide ou gazeux, réagissent les uns sur les autres"[160]. La description qualitative du passage de l'énergie, de sa source à son récepteur, prépare l'élève à l'étude quantitative des échanges d'énergie.

---

157. Idem, p. 9.
158, 159. Idem, p. 15.
160. Idem, p. 14.

Des billes en mouvement, des planeurs (avions en papier), de mini gyrostats actionnés par une hélice faciliteront l'acquisition des notions de transmission, de source et de récepteur d'énergie.

b. Les grandes phases de l'acquisition d'un concept

Dans le SCIS, l'acquisition d'un concept comporte trois grandes phases appelées l'exploration, l'invention et la découverte.

Tous reconnaissent le rôle primordial de la manipulation et des expériences concrètes dans le développement mental. Au cours de la première phase, on mettra donc l'enfant en contact avec un matériel qui l'amènera à se poser des questions, à énoncer des prévisions et à les vérifier.

Souvent une idée préconçue gêne l'enfant dans l'acquisition du savoir. Des données additionnelles lui sont nécessaires pour faire le point.

> "Il arrive que le maître doive mettre de l'avant une définition et le vocable dénotant un concept jusque-là inconnu. Il faut que le maître "invente" cette notion pour le compte de la classe"[161].

Le maître s'exprimera en des termes limpides et explicites et ne craindra pas de revenir sur la définition en cause. Il incitera l'élève à trouver des exemples correspondant au concept présenté.

Le terme découverte - que d'aucuns trouveront impropre - "s'applique à toute activité à l'occasion de laquelle l'enfant remarque une autre façon d'appliquer un concept donné"[162]. Les situations favorisant "la découverte" pourront être imaginées par le professeur ou survenir au cours des travaux de l'élève. Il convient de varier les exemples afin d'amener à réfléchir plusieurs fois sur le même concept.

---

[161] Idem, p. 16.

[162] Idem, p. 17.

Dans tout ce processus, les échanges d'idées des élèves entre eux et avec le professeur jouent un rôle fort important[163].

Comme on le voit, le programme SCIS et l'expérience d'enseignement des sciences menée à Victoriaville ont bien des affinités, notamment en ce qui a trait à la large part accordée aux manipulations et à la réflexion sur des exemples concrets et variés.

Conclusion et plan de travail

Les expériences qui viennent d'être rapportées revêtent une importance peut-être insoupçonnée si l'on sait que l'on s'interroge un peu partout sur la façon d'enseigner les sciences au primaire et sur la didactique convenant à la formation professionnelle, en particulier à l'intégration chez l'élève des diverses formes de savoir qu'elle suppose. C'était là des interrogations soulevées lors des dernières Journées internationales sur l'Éducation scientifiques, tenues à Chamonix sur le thème "l'éducation scientifique et la formation professionnelle"[124].

On peut aussi se demander si les concepts véhiculés par les programmes généraux de sciences conviennent bien aux élèves de l'enseignement professionnel. Des études ont-elles tenté de mettre en évidence les concepts requis dans ce type de formation? La réponse à cette question fera l'objet du prochain chapitre.

---

[163] Idem, p. 18.

[164] Labonté Thérèse, Un congrès à Chamonix. Direction de la recherche, MEQ, février 1985 (Rapport disponible sur demande) 13 p.

Et comme ce travail porte sur l'acquisition de concepts scientifiques et par ricochet sur la didactique qui peut faciliter celle-ci, on ne peut faire abstraction de la notion de méthode d'enseignement et des facteurs principaux qui déterminent son choix. Ceci nous amènera à traiter au cours d'un troisième chapitre, des théories générales du développement et de l'apprentissage et des démarches pédagogiques qui s'en inspirent. Nous émettrons l'hypothèse que parmi ces dernières, certaines ne s'excluent pas mutuellement, et peuvent même à tour de rôle enrichir la trame de la classe.

Vu l'importance des objets techniques dans la formation professionnelle, nous aborderons dans le quatrième chapitre la psychopédagogie des objets techniques, conçus dans une perspective scientifique.

Faut-il initier les élèves de l'enseignement professionnel à la méthode scientifique? En quoi cette méthode diffère-t-elle d'une approche technologique? Peut-on, s'il y a lieu poser quelques jalons relatifs à l'acquisition de cette méthode au secteur professionnel? C'est à ces questions que tentera de répondre le cinquième chapitre.

Si possible, des chapitres supplémentaires traiteront de l'acquisition des concepts scientifiques dans une perspective générale, et des études relatives à la didactique de concepts scientifiques précis dans le cadre de l'enseignement professionnel. Suivront ensuite un ensemble de réflexions sur les méthodes ou techniques d'enseignement susceptibles de faciliter l'acquisition des concepts en cause.

La conclusion du premier tome devrait donner déjà un aperçu de ces conclusions générales.

CHAPITRE DEUXIÈME

ÉTUDES SUR L'IDENTIFICATION DES CONCEPTS SCIENTIFIQUES SOUS-JACENTS A LA FORMATION TECHNOLOGIQUE AU SECONDAIRE PROFESSIONNEL

Introduction

Il existe peu d'études ayant porté spécifiquement sur l'identification des concepts scientifiques que devraient maîtriser les élèves de l'enseignement professionnel au secondaire.

Certaines études abordant cette question portent aussi sur la façon de faire acquérir les concepts scientifiques ou sur d'autres aspects de la formation de base. Un certain nombre ne concernent pas nommément l'enseignement des sciences dans l'enseignement professionnel mais touchent des questions qui y sont reliées: initiation à la méthode scientifique, habiletés de base sous-jacentes à l'étude des sciences, etc. Nous donnerons des exemples de travaux de ce type.

Les études présentées dans ce chapitre seront divisées en deux groupes: les études effectuées au Canada et les études américaines. De ces travaux, ne sera retenu ici que ce qui a trait à l'identification des concepts scientifiques.

La première des études en cause touche les habiletés génériques requises dans l'enseignement professionnel à divers niveaux. Elle se situe, semble-t-il, au tout début du mouvement visant à déterminer quels concepts scientifiques devraient être intégrés à la formation des ouvriers spécialisés.

A. Études canadiennes

1. La recherche sur les habiletés génériques

a) Présentation de l'étude canadienne sur les habiletés génériques

C'est au Canada que l'on a fait l'une des études les plus importantes en ce qui concerne les habiletés de base. Elles est l'oeuvre de la Division du développement avancé (Direction de l'analyse et du développement - Professions et carrières) de la Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada. Dans les compte rendus de ce travail, le mot habiletés ("skills") peut désigner des savoirs, des savoir-faire et même des attitudes.

La Direction de l'analyse et du développement - Professions et carrières étudie en permanence les habiletés génériques "afin d'identifier leur utilisation chez certains groupes de professions et de fournir des contenus spécifiques pour des modules de formation en vue d'offrir plus de souplesse aux travailleurs, aux employeurs et aux programmes de formation professionnelle"[1]. L'étude a aussi pour but "de déterminer l'adaptabilité des habiletés d'une profession à l'autre"[2].

- Définition de l'expression "habileté générique"

Dans un fascicule publié au cours de cette étude et intitulé Habiletés génériques - clés du rendement professionnel, on donne une définition des habiletés génériques. Celles-ci consistent dans

---

1, 2. Smith A. de W., Habiletés génériques - Clés du rendement professionnel. Commission d'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1978, p. 3.

> "... les connaissances professionnelles qui sont d'usage courant dans l'exécution d'un travail, qui ne se rattachent pas à un emploi ou à un travail déterminé et qui sont nécessaires pour obtenir une promotion ou un poste comportant des fonctions de surveillance"[3].

En d'autres termes, les habiletés génériques peuvent être définies comme les conduites qui sont essentielles à l'exécution de nombreuses tâches dans un large éventail d'occupations. Elles comprennent plusieurs catégories de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes en matière de mathématiques, de communication, de raisonnement, de relations interpersonnelles, de sciences et de travail manuel. En sont exclus des savoirs et des procédés qui ne sont requis que chez certains employeurs[4] ou qui sont liés à l'orientation vers un nouveau travail.

On peut trouver en page 3 de la brochure déjà mentionnée divers exemples d'habiletés génériques. En voici quelques-uns:

a) "Habiletés en matière de raisonnement: établir un horaire de travail et découvrir les problèmes que pose le travail;

b) "Habiletés en matière de travail manuel: coordonner gestes et visions et prendre une bonne position pour lever et porter des objets";

c) "Habiletés en sciences: utiliser des méthodes scientifiques pour résoudre les problèmes"[5].

---

[3] Voir la référence no 1.

[4] Smith A., What are generic skills? Adult Training, vol. 3, no 1, 1977.

[5] Smith A., Habiletés génériques - clés du rendement professionnel. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1978, p. 3.

- Objectifs

La recherche sur les habiletés génériques poursuivait les objectifs suivants:

- élaborer un système simple et cohérent permettant d'identifier les habiletés des travailleurs de toutes professions;

- recueillir et analyser des données relatives aux habiletés requises dans une grande variété d'occupations afin de pouvoir fournir des indications sur la préparation aux professions;

- élaborer un système cohérent de classification des habiletés génériques, de sorte que l'on puisse connaître les ressemblances et les différences dans les exigences relatives à ces habiletés dans les diverses professions et en tirer profit en ce qui concerne l'orientation, la recherche d'un emploi et l'utilisation des programmes[6].

- Méthodologie

Voici quelques notes sur les quatre phases principales de l'étude sur les habiletés génériques et sur sa méthodologie.

La première phase s'est déroulée de mars à juillet 1973 et portait sur les habiletés en mathématiques et en matière de communication; le compte rendu en a été publié en septembre 1973, dans Generic Skills[7] et Generic Skills Technical Supplement[8].

---

[6] Smith A., What are Generic Skills? Adult Training, vol. 3, no 1, 1977, p. 1 de l'article en cause.

[7] Smith A., Generic Skills. Information Canada, Prince Albert, (Saskatchewan), 1973.

[8] Smith A., Generic Skills Technical Supplement. Information Canada, Prince Albert, (Saskatchewan), 1973.

La seconde phase s'est située en 1973 et en 1974: elle comportait deux études et touchait en plus les habiletés en matière de relations interpersonnelles et de raisonnement. On peut en trouver la description dans Generic Skills - Research and Development[9].

La troisième phase, qui s'est déroulée en 1976, portait sur les habiletés en sciences. La méthodologie et les résultats de cette étude ont été publiés en 1977 dans un rapport intitulé Generic Skills Science Research Project[10].

La brochure Habiletés génériques - clés du rendement professionnel[11] présente brièvement les résultats obtenus au cours des trois premières phases.

La quatrième phase concernait les habiletés génériques dans l'utilisation d'outils. On peut trouver un résumé de la méthodologie et des résultats de cette partie de l'étude dans les brochures publiées sous le titre général Habiletés génériques et intitulées:

a) Modèles de programme d'enseignement professionnel dans les écoles secondaires pour les métiers manuels[12];

---

[9] Smith A., Generic Skills - Research and Development. Centre de recherche et de développement en formation, Prince Albert, (Saskatchewan), 1975.

[10] Smith A., Hatton J.T., Generic Skills Science Research Project Report. Department of Manpower and Immigration, Ottawa and St-Lawrence College, Brockville, Ontario, March and October 1977.

[11] Smith A., Habiletés génériques - clés du rendement professionnel. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1978.

[12] Smith A., Habiletés génériques - Modèles de programmes d'enseignement professionnel dans les écoles secondaires pour les métiers manuels. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, 1979.

b) Possibilités d'adaptabilité dans les métiers manuels[13];

c) Familles d'emplois[14].

Dans chacun des domaines, il a fallu successivement:

- élaborer une classification des données;
- élaborer des instruments de collecte des données;
- recueillir des données;
- analyser des données;
- établir des normes afin de mettre au point des éléments de formation;
- diffuser des rapports et des communiqués relatifs à la recherche[15].

En ce qui concerne les trois premières phases, les données ont été recueillies grâce à des questionnaires structurés, au cours d'entrevues où l'on avait soin d'utiliser un langage dont le niveau correspondait à celui des travailleurs et des superviseurs interviewés[16].

Dans le cadre de l'étude sur les habiletés génériques dans l'utilisation d'outils, on a demandé, "à 1 600 ouvriers/ouvrières, surveillants/surveillantes, techniciens/techniciennes, technologues et aides, de répondre à un questionnaire qui recense l'utilisation de 588 outils, les outils à main, électriques ou non, les outils d'essais et de diagnostic, les machines et l'équipement d'usine, les véhicules sur roues, l'équipement mobile lourd et les dispositifs de sécurité des appareils. Au total, l'étude couvre 131 métiers, en majorité des métiers manuels"[17].

---

[13] Smith A., Habiletés génériques - Possibilités d'adaptabilité dans les métiers manuels. Commission de l'emploi et de l'immigration.

[14] Smith A., Habiletés génériques - Familles d'emplois. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, 1979.

[15] Voir la référence 11, p. 4.

[16] Smith A., What are Generic Skills? Adult Training, vol. 3, no 1, 1977, p. 2 de l'article en cause.

On présente dans la brochure intitulée Habiletés[18] génériques - clés du rendement professionnel, un tableau-synthèse concernant les études effectuées au cours des trois premières phases. On y trouve notamment, pour chaque étude, le nombre de professions étudiées et le nombre de travailleurs et de surveillants interrogés.

Résultats: Quelques commentaires

Dans la brochure intutilée Habiletés génériques - clés du rendement professionnel, on peut trouver quatre tableaux indiquant pour 10 familles professionnelles et 28 catégories de contremaîtres et surveillants, les exigences en matière de communication, de mathématique, de science et de raisonnement[19]. Ainsi qu'on l'indique, "le code des couleurs symbolise la proportion des professions parmi lesquelles l'habileté particulière est utilisée par les travailleurs. Par exemple, si trois emplois sur cinq dans le secteur de la vente imposent l'habileté à évaluer les coûts, l'orange est utilisé"[20]. Lorsque la plupart des professions exigent l'habileté examinée, le rouge est utilisé. Si cette habileté n'est exigée que dans peu de professions, on utilise le jaune.

---

[17] Voir la référence no 12, p. 2.

[18] Voir la référence 11, p. 3

[19] Idem, pp. 7-13.

[20] Idem, p. 12.

De plus, "en examinant les pourcentages des professions dans lesquelles chaque habileté est exigée", on a établi une liste des habiletés essentielles dans les professions qui ne comportent pas de fonction de surveillance. "Il a été décidé que toutes les habiletés utilisées dans 75% ou plus des professions seraient considérées comme essentielles. On peut trouver la liste de ces habiletés dans la brochure que nous venons de mentionner, aux pages 14 et 15[21].

Les auteurs se sont aussi préoccupés de déterminer "l'adaptabilité potentielle des habiletés"[22]. Un tableau présente "par groupe les professions qui ont à peu près les mêmes exigences pour ce qui est des habiletés en mathématiques et en sciences, et en matière de communication et de raisonnement"[23].

b) Précisions supplémentaires sur la recherche concernant les habiletés génériques en sciences

- Origine de l'étude

En 1975, le Collège communautaire St-Laurent conçut le projet d'élaborer un cours de sciences géré par ordinateur à l'intention des élèves de 9e et 10e année. Ce cours devait faire acquérir des habiletés de base.

Une double question se posait aux responsables de l'élaboration de ce cours:
a) sur quelles habiletés devait porter le programme;
b) quelle méthode d'enseignement devait être utilisée.

---

[21] Idem, pp. 14-15.
[22] Idem, p. 17.
[23] Idem, pp. 17-18.

Afin de résoudre au moins partiellement le problème, on demanda aux autres collèges communautaires de l'Ontario, de fournir la liste des objectifs du cours de sciences qu'ils dispensaient aux élèves en cause. On décida aussi d'effectuer une revue de littérature afin de déterminer si le programme de sciences correspondait aux exigences du monde industriel.

L'étude des centaines d'objectifs relevés grâce à la collaboration des collèges amena à conclure qu'un petit nombre d'entre eux seulement visaient des applications concernant spécifiquement le travail. La plupart étaient orientés vers la connaissance générale de termes, de lois, de principes scientifiques et la maîtrise de calculs scientifiques spécialisés. D'autre part, on pouvait observer une certaine disparité des objectifs dans les divers collèges et un manque total d'information quant à leur pertinence.

La revue de littérature ne permit pas d'obtenir plus d'indications sur ce dernier point. Si les analyses de tâches comportaient parfois des expressions telles que "les fournisseurs, dans ce domaine, doivent posséder de solides connaissances en sciences", elles précisaient rarement de quelles connaissances il s'agissait[24].

Il faut en convenir le relevé des objectifs et la revue des études n'ont pas fourni les résultats escomptés; ils ont conduit néanmoins à formuler des hypothèses générales.

---

24. Smith A.D., Hatton J.T., Science curriculum - Atistotle or Archimede? Canadian Vocational Journal, vol. 13, no 1, 1977, p. 22.

- Hypothèses générales et objectifs

Des travaux antérieurs, on dégagea les hypothèses suivantes:

1. En ce qui concerne les sciences, les exigences varient en fonction des emplois (professions ou métiers).

2. La hiérarchisation des emplois en fonction de niveaux de scolarité préalablement requis ne correspond pas à des exigences spécifiques en sciences.

3. Un enseignement des sciences propre aux élèves de l'enseignement professionnel et tenant compte de la diversité des emplois serait plus efficace qu'un enseignement général dispensé en fonction de divers niveaux.

La vérification de ces hypothèses devint l'objectif de l'étude sur les habiletés génériques en sciences[25].

- Méthodologie

Sur le plan méthodologique, on procéda, grosso modo, de la même façon que dans les autres recherches sur les habiletés génériques. Quelques informations supplémentaires seront apportées ici en ce qui concerne la classification des habiletés, l'élaboration de questionnaires, le nombre de personnes interrogées, la collecte et l'analyse des données.

---

[25] Smith A., Hatton J.T., *Generic Skills Science Research Project, Technical Report*, Departement of Manpower and Immigration, Ottawa and St-Lawrence College, Brockville, Ontario, March 1977, p. 3.

. Classification des habiletés

Pour déterminer et classifier les savoirs et les habiletés en sciences, on s'est fondé sur les objectifs poursuivis dans les collèges de l'Ontario. Le champ couvert par l'enquête n'est donc pas exhaustif et ne fait pas allusion, par exemple, à la température ou à l'hydraulique dont les notions ne sont pas visées par les objectifs en cause.

. Élaboration d'un questionnaire

L'une des phases les plus difficiles de la recherche consistait sans doute dans l'élaboration d'un questionnaire. Celui-ci devait permettre aux ouvriers, aux contremaîtres et surveillants d'indiquer quelles habiletés étaient requises dans leurs métiers ou professions.

Les difficultés provenaient en partie de ce que le nombre des habiletés faisant l'objet de l'enquête s'élevait approximativement à 600, et que plusieurs d'entre elles pouvaient se subdiviser. Il était pratiquement impossible d'interroger tous les sujets sur l'ensemble de ces habiletés. On décida donc de formuler un nombre restreint de questions à l'intention de tous les participants, et une autre série plus nombreuse, dans laquelle on puiserait de façon variable, selon l'emploi des personnes interviewées. Par exemple, on réserva les questions sur l'identification ou l'usage d'appareils spécifiques de laboratoire aux employés et surveillants qui y avaient accès dans leur travail. La première série de questions comportait 89 items et l'autre, 578. La durée de l'interview au cours de laquelle on utilisait le questionnaire pouvait varier de 15 à 75 minutes[26].

---

[26] Smith A., Hatton J.T., Science Curriculum. Aristotle or Archimède? Canadian Vocational Journal, vol. 13, no 1, 1977. p. 23.

D'autres difficultés découlaient de ce que bien des notions se référaient non pas au contexte du travail, mais à celui de l'apprentissage scolaire et de l'évaluation. Certains sujets faisaient appel à des notions complexes et nécessitaient des explications. On contourna les problèmes en ayant recours à des schémas, des illustrations, des sous-questions et en rédigeant les items sous une forme aussi simple que possible.

. Échantillonnage et collecte des données

Au cours de cette enquête, on interrogea dans une première phase 90 travailleurs et 680 surveillants, représentant 77 professions ou métiers[27]. Les données furent recueillies dans les villes et localités suivantes de l'Ontario: Brockville, Hamilton, London, Sudbury, Thunder Bay et Toronto. Autant que possible, on eut recours à un échantillonnage au hasard afin de sélectionner des sujets de divers métiers dans chacun de ces endroits. On interviewa 10 travailleurs ou superviseurs pour chacun des métiers ou professions visés[28].

Voici la liste des 10 "familles professionnelles" qui ont fait l'objet de l'enquête, dans un premier temps:

- "Personnel administratif et administrateurs";
- "Techniciens spécialistes en architecture et ingénierie";
- "Personnel médical et techniciens de la santé";
- "Travailleurs spécialisés dans la vente";
- "Travailleurs spécialisés dans les services";
- "Usineurs et travailleurs des secteurs connexes";

---

27. Smith A.D., Habiletés génériques - Clés du rendement professionnel, Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1978, p. 5.

28. Voir la référence 26, p. 27.

- "Travailleurs spécialisés dans la fabrication, le montage et la réparation";
- "Travailleurs du bâtiment";
- "Personnel d'exploitation des transports";
- "Exploitants agricoles"[29].

Une étude portant sur 20 autres métiers ou profession (journalisme, programmation, entretien d'avions, etc.) compléta ce travail. L'échantillonnage y fut effectué de la même façon que précédemment[30].

Les entrevues furent menées par la compagnie "Maked Facts of Canada". On prit soin d'entraîner à l'utilisation du questionnaire, les personnes chargées des entrevues[31].

. Analyse des données

Les réponses obtenues furent complilées dans des tableaux à double entrée. Les métiers et professions y figurent en abscisse et les items du questionnaire, en ordonnée. On réunit plus tard ces derniers en 135 groupes de savoirs et de savoir-faire, ce qui permit d'obtenir des tableaux plus synthétiques, où, cette fois, les professions figurent en ordonnée et les groupes d'habiletés, en abscisse.

---

[29] Voir la référence 27, pp. 6 et 7.

[30] Smith A., Hatton J.T., Generic Skills Science Research Project - Supplement to the technical Report - Department of Manpower and Immigration, Ottawa and St-Lawrence College, Brockville, Ontario, October 1977, p. 3.

[31] Voir la référence 26, p. 27.

Ces tableaux sont présentés sous une forme détaillée dans deux rapports intitulés *Generic skills Science Research Project*. Comme sous titre, le premier porte la mention *Technical Report*[32] et l'autre *Supplement to the Technical Report*[33]. Le second rapport renferme aussi le sommaire des données pour la deuxième phase de l'enquête et pour les deux premières phases réunies ainsi que divers tableaux récapitulatifs[34].

Enfin, la brochure intitulée *Habiletés génériques - Clés du rendement professionnel* présente un tableau en couleur montrant "les exigences en matière de sciences dans 10 familles professionnelles et 28 catégories de surveillants"[35]. Dans ce tableau les habiletés sont réunis en 27 groupes et subdivisées selon qu'elles concernent soit des généralités, soit la biologie, soit la physique ou la chimie.

- Résultats gnéraux et conclusions

  . Quelques points à préciser

Avant d'examiner les deux tableaux ci-joints, il convient d'apporter quelques précisions.

Pour chacun des métiers ou professions, il suffisait que 30% des personnes interviewées (soit 3 sur 10), affirment que telle ou telle habileté était requise dans leur travail pour qu'on la considère comme telle[36].

---

[32] Voir la référence 25, pp. C 53 à E 19 inclusivement.

[33] Voir la référence 30, pp. B 1 à D 25.

[34] Idem, pp. 11 à A 43 inclusivement.

[35] Smith A., *Habiletés génériques - Clés du rendement professionnel* Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1978, p. 12.

[36] Voir la référence 30, p. 11.

Le tableau récapitulatif de la p. 83 indique le nombre d'emplois exigeant des savoirs ou savoir-faire reliés au thème indiqué en marge. Il faut se rappeler ici qu'un grand nombre d'habiletés sont regroupés sous chaque thème. En ce qui concerne l'électricité, par exemple, "on a généralisé les réponses données à 42 questions différentes"[37]. Il est donc nécessaire de se référer aux tableaux plus détaillés si l'on désire savoir quelles habiletés spécifiques requiert un emploi donné. Par exemple, en consultant les pages E 14 et E 15 du premier rapport intitulé Generic Skills - Science Research Project[38], on apprendra que la profession d'exploitants agricoles demande la compréhension des circuits électriques et de leurs diagrammes mais non la connaissance des mesures et calculs relatifs à l'électricité.

. Les exigences en matière de sciences

Un rapide examen du tableau de la page 83 montre que les habiletés liées à la majorité des thèmes touchés par cette étude ne sont requises que dans moins de 10% des métiers et professions étudiés. Par contre, l'ensemble de ceux-ci nécessitent des capacités liées au maniement de la méthode expérimentale (élaboration et vérification d'hypothèses, classification des résultats et compte-rendu d'expériences)[39]. Entre 20 et 40% des emplois exigent la

---

[37] Voir la référence 35, p. 12.

[38] Voir la référence 25, pp. E 14 et E 15.

[39] Voir par exemple la référence 25, pp. E 7, E 13, E 19. Le questionnaire renfermait une question plus détaillée sur la "méthode scientifique".

Tableau 1

EXIGENCES EN MATIÈRE DE SCIENCES

	Nombre d'emplois exigeant l'habileté en cause															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-15	16-20	21-30	31-40	41-96	97
									PHYSIQUE							
Force, puissance														✓		
Machines														✓		
Électricité													✓			
Aimants											✓					
Mouvement									✓							
Mouvements vibratoires									✓							
Électronique											✓					
Électrostatique							✓									
Lumière								✓								
Compas						✓										
Univers			✓													
Physique nucléaire	✓															
									BIOLOGIE							
Hommes											✓					
Cellules									✓							
Animaux					✓											
Plantes			✓													
Hérédité		✓														
									CHIMIE							
Matière													✓			
Chaleur													✓			
Densité, poussée											✓					
Eau, solutions												✓				
Gaz											✓					
Acides, bases											✓					
Réactions					✓											
Chimie avancée			✓													
Théorie atomique							✓									
Halogènes, Alcalis				✓												
Hydrocarbones	✓															
									GÉNÉRALITÉS							
Ensemble et tests d'hypothèses																✓
Utilisation du matériel de laboratoire							✓									
	moins de 10%										11-100%					

Tiré de Smith A. and Hatton J.T., Generic Skills Science Research Project, Supplement to the Technical Report, october 1977, p. 11.

maîtrise de notions et savoir-faire concernant les thèmes suivants: force et puissance, machines, électricité, matière et chaleur.

Comme permet de le voir plus en détail le tableau 2 (p. 85)*, les exigences en matière de sciences varient grandement en fonction des métiers ou professions.

> "Certains travailleurs doivent avoir de grandes habiletés dans certaines disciplines scientifiques alors que d'autres ne doivent posséder qu'une connaissance fondamentale de quelques termes appartenant à ces discipines"[40].

Ce sont surtout les travailleurs spécialisés dans la fabrication et la réparation, les techniciens spécialistes en ingénierie, les exploitants agricoles et les travailleurs du bâtiment qui ont besoin de connaissances en physique. "Le personnel médical, les techniciens de la santé et les travailleurs assimilés doivent avoir des connaissances sur les cellules et sur l'homme". Par contre, les exploitants agricoles n'auraient à peu près pas besoin de celles-ci, mais devraient posséder des connaissances sur les animaux, les plantes et l'hérédité[41], comme le souligne la brochure intitulée Habiletés génériques-clés du rendement professionnel.

Cette même brochure rapporte qu'"à l'exception des techniciens de laboratoire médical et des techniciens-spécialistes, aucune des professions examinées n'exige plus qu'une connaissance très fondamentale de la chimie[42]". Ces techniciens n'auraient même besoin que d'un très petit nombre d'habiletés en matière de chimie.

---

* Ce tableau ne porte que sur 77 professions.

[40] Smith A., Habiletés génériques-clés du rendement professionnel. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ontario, 1978, p. 11.

[41], [42] Idem, p. 11.

Tableau 2

EXIGENCES EN MATIÈRE DE SCIENCES

	Personnel administratif	Techniciens spécialistes en ingénierie	Personnel médical et tech. de la santé	Travailleurs spécialisés dans la vente	Travailleurs spécialisés dans les services	Ouvriers	Travailleurs spécialisés dans la fabrication de machines et réparation	Travailleurs du bâtiment	Personnel d'exploitation des transports	Exploitants agricoles	Surveillants
Nombre d'emplois	15	3	4	9	13	5	11	13	3	1	25

PHYSIQUE

Force, puissance		2			1	4	7	6		1	8
Machines	2	1		1		3	7	9	1	1	7
Électricité	1	1				2	9	5		1	8
Aimants							6	2			4
Mouvements							4	2		1	2
Mouvements vibratoires					1		3	1			3
Électronique							3	2			2
Électrostatique							2				1
Lumière		1	1	1			1				1
Compas		1			1						
Univers		1									

BIOLOGIE

Homme			4		4						1
Cellule			3		1					1	
Animaux	1				1					1	
Plantes										1	
Hérédité										1	

CHIMIE

Matière	1		2	3		1	4	2		1	6
Chaleur		2	1			2	7	6			7
Densité, poussée		1	1			1	4	4	1	1	4
Eau, solutions			2		5		1	2			2
Gaz			1			1	3	1			2
Acides, bases			3		1	2		1			3
Réactions			2				1				1
Chimie avancée			1								
Théorie atomique			1				2				
Utilisation du matériel de laboratoire			1								

Tiré et adapté de Smith A., and Hatton J.T., Science Curriculum Aristotle or Archimède, Canadian Vocational Journal, vol. 13, no 1, 1977, pp. 29-30.

Comme on l'a vu, la première des hypothèses sous-jacentes, à ce travail se trouve confirmée. Les exigences relatives aux sciences sont très variables, la plupart des métiers ou professions examinés ne demandant toutefois que des connaissances plutôt rudimentaires.

La seconde hypothèse doit aussi être acceptée, même si les emplois se situant au plus haut niveau exigent un peu plus de savoirs et de savoir-faire qu'au niveau prédédent.

Il faut aussi reconnaître le bien-fondé de la troisième hypothèse[43]. Selon les résultats de cette enquête, les besoins en matière de sciences varient tellement d'un emploi à l'autre qu'il semble opportun d'enseigner les sciences en fonction des professions ou métiers[44].

Cette recherche, effectuée il y a maintenant près de neuf ans se situait, il convient de le rappeler dans la perspective de l'exercice d'un métier ou d'une profession et non pas dans l'optique d'une adaptation future à la rapidité des changements technologiques. Voici maintenant une étude plus récente abordant les besoins en sciences physiques chez certaines catégories d'élèves.

2. L'identification de besoins en sciences physiques

Sous l'intitulé Identification des besoins en sciences physiques et élaboration d'une didactique appliquée à l'enseignement professionnel, MM. Rodrigue St-Laurent, Khamlay Mounivongs et leurs collaborateurs présentaient les résultats d'une recherche conduit dans la région du Saguenay-Lac St-Jean[45].

---

[43] Smith A., Hatton J.T., Science curriculum-Aristotle or Archimede Canadian Vocational Journal, vol. 13, no 1, p. 31.

[44] Idem. p. 22.

a) Objectif

Cette étude poursuivait un triple objectif:

- Connaître les attitudes des élèves de l'enseignement professionnel vis-à-vis l'enseignement et l'apprentissage des connaissances scolaires et des techniques;

- Connaître les perceptions des élèves en ce qui concerne l'enseignement et l'étude de la physique;

- Dégager, en matière de physique, les besoins des élèves du secteur des techniques physiques, tels qu'ils sont perçus par les professeurs[46].

Nous ne considérons ici que le dernier aspect de ce travail.

b) Méthodologie

Le projet d'une étude de besoins découlait de la prise de conscience des problèmes que pose aux professeurs chargés de l'enseignement des techniques, le peu de connaissances scientifiques des élèves, notamment en physique[47].

---

[45] St-Laurent Rodrigue, Mounivongs Khamlay et coll., Identification de besoins en sciences physiques et élaboration d'une didactique appliquée à l'enseignement professionnel. PPMEP, Université du Québec à Chicoutimi, avril 1983, p. 1.

[46] Idem, p. 2.

[47] Idem, p. 1.

Voulant déterminer ce que doivent connaître en cette matière des élèves du secteur des techniques physiques, les responsables de la recherche se sont adressés à ceux qui leur semblaient les plus aptes à les informer, c'est-à-dire aux professeurs. Pour recueillir des informations, ils ont utilisé un questionnaire qu'ils ont eux-mêmes élaborés.

. Le questionnaire

Le questionnaire visait à recueillir des informations sur

- "l'importance attribuée à la connaissance de certaines notions de physique"
- "les pratiques pédagogiques reliées à ces mêmes notions"[48]. Il faut souligner que les notions de physique incluses dans le questionnaire ont été tirées d'un "document du ministère de l'Éducation du Québec concernant les cours de physique 442 et 542 de l'enseignement secondaire"[49].

Le questionnaire renfermait d'abord des items ayant trait à "l'identification de la commission scolaire, de l'école, du secteur et de la spécialité du répondant"[50]. Il se subdivisait ensuite en deux grandes parties. Dans la première, les enseignants devaient noter à l'aide d'une échelle comportant les mentions "indispensable", "important", "utile" ou "inutile", le degré de l'importance de l'acquisition par l'élève de telle ou telle notion. Dans la seconde, ils indiquaient, en regard de chaque notion, s'ils devaient, soit donner un "cours proprement dit" sur celle-ci, soit simplement les rappeler, ou encore ne pas en parler[51].

48, 49. Idem, p. 18.

50. Idem, p. 17.

51. Idem, pp. 69-76 incl.

. Les sujets de l'enquête

Le questionnaire a été adressé à tous les professeurs de "technique physique" des commissions scolaires de la région Saguenay-Lac St-Jean[52]. Tous les professeurs, sauf ceux de trois polyvalentes, ont rempli le questionnaire, soit quatre-vingt-douze. Les pourcentages des répondants se répartissaient comme suit en fonction des divers secteurs[53]:

Meuble et construction	20,7%
Électrotechnique	23,9%
Hydrothermie	15,2%
Dessin technique	5,4%
Équipement motorisé	22,8%
Mécanique	12,0%

. L'analyse des données

On a procédé tout d'abord à une analyse de l'ensemble des réponses relatives à chaque item et l'on a cherché ensuite s'il existait des différences entre les divers secteurs[54].

C. Résultats généraux et conclusions

Le tableau de la p. 90 présente les résultats généraux correspondant à l'ensemble des questions. La 1ère colonne à droite, donne la somme des pourcentages obtenus aux mentions "indispensable" ou "important". Le pourcentage de la 2e colonne cumulent les résultats relatifs aux mentions "cours nécessaires" et "simple rappel".

---

[52] Idem, p. 1.

[53] Idem, p. 47.

[54] Idem, p. 19.

Tableau 3 BESOINS EN MATIÈRE DE PHYSIQUE: RÉSULTATS GÉNÉRAUX

Secteur des "techniques physiques"		Connaissance indispensable ou utile %	Moy	Enseignement nécessaire %	Moy
Énergie	1. force, travail, énergie	78		89	
	2. chaleur température	70		91	
	3. transformation	59		67	
	4. transmission	49		73	
	5. conservation	47		72	
	6. systèmes énergétiques	18		46	
Optique	1. propagation de la lumière	35		51	
	2. réflexion, réfraction	31		54	
Statique des fluides					
	1. pression	63		69	
	2. principe de Pascal	54		60	
	3. principe d'Archimède	53		59	
	4. pression atmosphérique	57		68	
Travail et machines simples					
	1. machines simples	51		70	
	2. travail: transfert d'énergie	48		78	
Électricité					
	1. électrostatique	58		70	
	2. courant électrique	73		[illegible]	
	3. différence de potentiel	67		76	
	4. résistance électrique	62		78	
	5. magnétisme	58	64	74	78
Cinématique					
	1. vitesse	36		61	
	2. accélération	39		60	
Dynamique	1. inertie	37		53	
	2. attraction gravitationnelle	29		37	
Mouvements particuliers					
	1. calcul vectoriel	33		45	
	2. projectiles	13		22	
	3. mouvement circulaire uniforme	23		37	
Astronomie	1. observations et repères	13		17	
	2. système solaire	11	12	16	16.5
Onde et acoustique					
	1. sources sonores	35		45	
	2. propagation des ondes	40		44	
	3. réception du son	39	38	46	45

Ce tableau (sauf le titre) a été tiré de l'ouvrage déjà cité de MM. St-Laurent, Mounivongs et de leurs collaborateurs, p. 48.

A l'aide d'un tableau récapitulatif, (voir p. 92), les auteurs font remarquer que "trois groupes de notions dominent largement tant au point de vue de l'importance des connaissances qu'à celui de la nécessité de les enseigner"[55]. Il s'agit de notions se regroupant sous les thèmes suivants: énergie, statique des fluides et électricité.

Pour chacun des secteurs, l'analyse détaillée des résultats fait ressortir la prédominance de certains thèmes, par exemple l'acoustique, l'optique et l'énergie solaire dans le secteur "meuble et construction", l'électricité, l'acoustique et le calcul vectoriel en électrotechnique, etc.[56].

Les auteurs formulent diverses réflexions et recommandations. Il serait "parfaitement possible, affirment-ils, de bâtir un cours commun aux techniques physiques et couvrant les besoins particuliers de chaque secteur en notions de physique"[57]. Cependant, vu la conjoncture, ils recommandent "d'offrir un cours de formation générale en sciences physiques à tous les élèves inscrits aux techniques physiques et un cours plus spécialisé correspondant aux besoins de chaque secteur"[58].

Les cours communs à tous les élèves des secteurs des techniques physiques devraient comporter les éléments que voici:
- "énergie: force, travail, chaleur, température, énergie cinétique et potentielle;
- cinématique: vitesse, accélération;

---

[55] Idem, p. 17.
[56] Idem, pp. 22-23.
[57] Idem, p. 25.
[58] Idem, pp. 30 et 25.

Tableau 4 NOTIONS PRÉDOMINANTES EN "TECHNIQUES PHYSIQUES"

	%	%*
1er groupe : énergie		
1) force-travail-énergie	78	89
2) chaleur température	70	91
3) transformation (énergie cinétique potentielle)	59	67
On pourrait y ajouter aussi les notions suivantes		
4) transmission (conduction, convection, rayonnement)	49	73
5) machines simples	51	70
2e groupe : statique des fluides		
1) pression	63	69
2) principe de Pascal	54	60
3) principe d'Archimède	53	59
4) pression atmosphérique	57	68
3e groupe : électricité		
1) électrostatique	58	70
2) courant électrique	73	91
3) différence de potentiel	67	76
4) résistance électrique	62	78
5) magnétisme	58	74

* Les résultats sont notés comme dans le tableau précédent.

Tiré et adapté de St-Laurent et Mcunivongs (ouvrage déjà cité), p. 20.

- statique des fluides: pression (Pascal, Archimède, pression atmosphérique;
- électricité: (électrostatique, courant, différence de potentiel, résistance)"[59].

Les options suivantes pourraient être créées:

"Option I	travail et machines simples
Option II	transmission et conservation de l'énergie (conduction, convection, rayonnement, isolation, accumulateurs)
Option III	systèmes énergétiques (soleil, plantes, réacteurs nucléaires)
Option IV	dynamique (inertie, attraction gravitationnelle)
Option V	mouvements particuliers, projectiles, calcul vectoriel
Option VI	astronomie, système solaire
Option VII	électricité et magnétisme (d'une manière approfondie)
Option VIII	optique (propagation lumineuse-réflexion et réfraction)
Option IX	acoustique (sources sonores, réception et propagation des ondes)
Option X	atomes et molécules"[60].

Il serait possible, par exemple, d'obtenir la répartition figurant au tableau 5.

Tableau 5
Un exemple de répartition des cours

Secteur	Formation générale	Options
1. Meuble et construction	oui	II, VIII, IX
2. Électrotechnique	oui	V, VII, IX
3. Hydrothermie	oui	I, IV, V
4. Dessin technique	oui	VI, VIII, IX
5. Équipement motorisé	oui	I, IV, X
6. Mécanique	oui	IV, V, X

Tiré de St-Laurent, Mounivongs et coll., (ouvrage déjà cité), p. 27.

---

[59] Idem, pp. 25 et 26.

[60] Idem, p. 26.

Ce modèle est susceptible d'améliorations, au dire même des auteurs. On l'a établi, cependant, "en tentant de concilier deux aspects a priori antagonistes: un souhait de formation générale, devant répondre aux besoins particuliers de chaque secteur"[61].

Une comparaison des résultats de cette enquête et de certaines données issues de la recherche sur les habiletés génériques en sciences s'impose sans doute. On se rappelle qu'avec les exploitants agricoles et les techniciens en ingénierie, ce sont les travailleurs du bâtiments et les travailleurs spécialisés dans la fabrication, le montage et la réparation qui ont le plus besoin de connaissances en physique.

Même si les métiers inclus dans ces deux dernières catégories ne recouvrent pas parfaitement ceux que regroupe le secteur des "techniques physiques", il peut s'avérer utile de constater que les deux études reconnaissent l'importance, pour beaucoup, sinon la plupart des travailleurs en cause, de connaissances relatives à l'énergie, aux machines, à l'électricité et à la statique des fluides.

Au colloque de mai 1984 sur la recherche en formation professionnelle, des membres de l'équipe responsable de l'enquête menée à Chicoutimi, ont avec des collègues, animé un atelier intitulé *Intégration de notions de sciences physique au contenu technique en équipement motorisé et hydrothermie*. Dans le cadre de cet atelier, MM. J.C. Vachon, B. Tremblay et J. Lapointe ont fait un exposé sur "l'identification de notions de sciences et leur intégration dans certains modules". La démarche qu'ils ont mise au point a été appliquée aux modules 320-227: principes de l'électricité, équipement motorisé et 301-181: matériaux de fabrication métallique, hydrothermie. Les brochures qui en ont résulté sont disponibles sur demande.

---

[61] Idem, p. 28.

Depuis deux ans, l'utilisation du micro-ordinateur constitue l'un des volets du projet visant à insérer concepts et principes scientifiques dans l'enseignement des contenus techniques des secteurs hydrothermie et équipement motorisé[62].

3. Connaissances scientifiques fondamentales et enseignement des techniques de soudage

a) Les objectifs du sondage et le questionnaire

Dans "l'enseignement des techniques de soudage, écrivaient récemment MM. P.A. Simard et R. Parent de l'Université de Sherbrooke, la compréhension des concepts scientifiques de base semble parfois délaissée au profit des habiletés manuelles et des "trucs du métier"[63].

Quels concepts et notions scientifiques se rapportant à leur métier devraient maitriser les élèves du secteur des techniques de soudage, compte tenu de l'évolution rapide des technologies. Jusqu'à quel point ces connaissances sont-elles maîtrisées par les professeurs et par les élèves?

En vue d'obtenir une première réponse à ses questions, M. Simard a effectué un sondage chez des professeurs. On a tout d'abord procédé à une "analyse globale" des techniques de soudage, afin "d'établir une liste des notions scientifiques nécessaires à un apprentissage convenable du métier"[64]. On a ainsi retenu 87 concepts ou notions[65].

---

[62] Fortin Marc, Les concepts et principes scientifiques en enseignement professionnel et le micro-ordinateur. Profil, vol. 5, no 3, février-mars 1985, p. 10.

[63] Parent R., Simard P.A., Les futurs soudeurs seront-ils compétents. Profil, vol. 5, no 2, décembre 1984 - janvier 85, p. 13.

> "A chaque notion scientifique proposée, le répondant devait inscrire trois chiffres indiquant sa propre évaluation du degré de connaissances de cette notion par lui-même, par les élèves, ainsi que l'importance de cette notion pour l'apprentissage en soudage[66].

b) La collecte et l'analyse des données

Le questionnaire fut distribué aux professeurs de soudage de la régionale de l'Estrie.

Pour chaque notion, le répondant devait poser en regard des lettres P.E. et I un chiffre allant de 1 à 4. Ces chiffres correspondaient à "sa propre évaluation du degré de connaissance de cette notion par lui-même (lettre P), par les élèves (lettre E) et de l'importance de ce concept pour l'apprentissage en soudage (lettre I)"[67]. Associé à la lettre I, le chiffre 1 signifie que la notion en cause est considérée comme peu importante; associé aux lettres P et E, que cette notion n'est pas connue. "Les chiffres 2, 3 ou 4 indiquent une augmentation graduelle de la compréhension ou de l'importance de la notion"[68].

---

[64] Idem, p. 13.

[65] Simard P.A., Cliche J.M., Connaissances en sciences de base pour l'apprentissage de techniques de soudage. 3e Colloque national: Recherche et prospective en formation professionnelle au Québec - Actes - U.Q.T.R., 1984, pp. 231-233.

[66] Voir la référence 63.

[67, 68] Voir la référence 65, p. 1.

Au cours de l'analyse des données, on a regroupé en huit domaines principaux les notions ayant fait l'objet du questionnaire. Pour chaque domaine, on a calculé la moyenne des réponses et les écarts entre l'importance qu'on leur accorde et le degré de connaissance chez les enseignants (I-P) et chez les élèves (I-E). Une valeur positive des écarts révèle un besoin d'amélioration[69].

c) Les résultats

Le tableau suivant, présenté dans les deux documents déjà cités, donne une vue synthétique des résultats.

Tableau 4
Techniques de soudage et connaissances scientifiques de base chez les professeurs et les élèves

Domaine	Professeur P	Élève E	Importance I	Écart I-P	Écart I-E
Mécanique classique	2.32	1.44	2.28	-0.04	+0.84
Métallurgie	1.85	1.04	2.27	+0.42	+1.23
Électricité	2.07	1.44	2.36	+0.29	+0.92
Propriété physique des métaux	2.97	1.60	2.90	-0.07	+1.30
Chimie	2.62	1.45	2.39	-0.23	+0.94
Plasma	2.52	1.70	2.86	+0.34	+1.16
Ultra-sons et rayonnement	2.00	1.50	2.50	+0.50	+1.00
Lasers et faisceaux d'électrons	1.59	1.11	2.08	+0.49	+0.97

P indique la moyenne des cotes mesurant la connaissance du domaine par les professeurs, E par les élèves, I l'importance du domaine telle que perçue par les professeurs, I-P l'écart entre la valeur et celle de P et I-E le même écart pour les élèves. Une valeur positive pour ces écarts indique un besoin d'amélioration.

Ce tableau (sauf le titre) a été tiré Simard P. . et Parent R., Les futurs soudeurs seront-ils compétents? Profil, vol. 5, no. 2, p. 13.

---

[69] Voir les références 63 et 65.

Ce tableau révèle "une connaissance inégale des différents chapitres des sciences physiques de base chez les professeurs et une carence généralisée des connaissances de base chez les élèves"[70]. Comme le faisaient remarquer MM. P.A. Simard et J.M. Cliche lors du dernier colloque sur la recherche en formation professionnelle, il semble que les professeurs éprouvent des difficultés à transmettre les connaissances fondamentales qu'ils possèdent dans certains domaines. En effet, les écarts I-E diffèrent peu, même si les connaissances des enseignants sont plus poussées sur certains sujets[71].

Cependant, diverses expériences d'enseignement montrent que les professeurs du secteur professionnel sont "réceptifs et motivés face à l'acquisition de connaissances en sciences de base"[72]. Il est à noter que Monsieur J.M. Cliche a élaboré un cours de chimie de la soudure à l'intention des professeurs d'hydrothermie du secondaire[73].

Les résultats du sondage ont amené "l'élaboration d'un projet de recherche en milieu scolaire" ayant pour objectif la création "d'un matériel didactique approprié s'adaptant à une démarche pédagogique progressive"[74].

---

70. Parent R., Simard P.A., Les futurs soudeurs seront-ils compétents? Profil, vol. 5, no 2, p. 13.

71, 72. Simard P.A., Cliche J.M., Connaissances en sciences de base pour l'apprentissage des techniques de soudage.

73. Cliche J.M., Chimie de la soudure aux maîtres en hydrothermie du secondaire. Rapport d'étape, PPMEP, Université de Sherbrooke, Janvier 1982, 41 p.

74. Voir la référence 70, p. 13.

4. Sciences et agrotechnique au secondaire professionnel

a) Les carences dans le domaine des sciences

En agro-technique, le programme actuel accorde peu d'importance aux sciences. Il comporte un cours de chimie appliquée à l'agriculture, mais ne renferme aucun cours de physique, de mathématiques ou de biologie.

Dans le but d'évaluer l'impact du cours de chimie appliquée, l'équipe de recherche de Rimouski a élaboré "un questionnaire de 20 questions comprenant quatre sections"[75], biologie, chimie, physiques et mathématiques. Ce questionnaire fut soumis à un groupe d'élèves de 4e secondaire à deux reprises, "soit au début et à la fin du cours (...) intitulé "Application de la chimie à l'agriculture"[76]. Il s'agissait d'élèves de la Polyvalente Paul-Hubert de Rimouski.

Les résultats ont montré que ce cours, "dispensé selon la formule actuelle ne favorise pas de manière significative l'amélioration des apprentissages des notions scientifiques de base, puisque la moyenne générale des élèves est passée de 38% à 46%"[77].

b) Un essai de solution

Afin de donner aux élèves une meilleure formation en sciences, on a doublé le temps alloué aux cours de chimie appliquée à l'agriculture. On a ajouté à ce cours "quelques notions de physique, de chimie et de mathématiques"[78].

75, 76, 77, 78. Beaulieu Françoise, Difficultés d'apprentissage des notions scientifiques de base en agrotechnique. 3e Colloque national: Recherche et prospective en formation professionnelle au Québec - Actes - U.Q.T.R., 1984, pp. 28-37.

Le matériel didactique étant "insuffisant, périmé" et peu adapté aux élèves on a décidé d'y remédier[79]. Durant l'année scolaire 1983-84, l'équipe de recherche de Rimouski a commencé à construire un matériel visant à faire comprendre facilement et rapidement" des notions scientifiques et à "identifier" leurs "applications en agrotechnique"[80].

Cette équipe a adopté un mode de "recherche participative". Théoriciens et praticiens travaillent ensemble dans la classe, "d'abord pour poser des diagnostics de situations à améliorer et puis pour trouver et vérifier des solutions"[81]. Des diverses phases du travail, nous n'évoquerons ici que ce qui a trait à l'objet de ce chapitre, c'est-à-dire l'identification de notions et concepts scientifiques de base.

c) Connaissances scientifiques et agrotechnique au secon[illegible]

En vue d'identifier les connaissances scientifiques requises en agrotechnique au secondaire professionnel, "chaque professeur, écrit Françoise Beaulieu, a procédé à une analyse des cours qu'il dispensait dans le programme"[82] et en a dégagé des notions scientifiques fondamentales. On s'est ainsi rendu compte qu'une soixantaine de notions de sciences devaient être enseignées pour assurer aux élèves une meilleure formation de base[83]. Il s'agissait de notions de biologie, de physique et de chimie.

---

79. Idem, p. 2.

80. Landry Carol, 16 modules de notions scientifiques en agro-technique. Profil, vol. 15, no 2, décembre 1984 - janvier 1985, p. 4.

81, 82, 83. Voir la référence 75, p. 3.

Le matériel didactique étant "insuffisant, périmé" et peu adapté aux élèves on a décidé d'y remédier[79]. Durant l'année scolaire 1983-84, l'équipe de recherche de Rimouski a commencé à construire un matériel visant à faire comprendre facilement et rapidement" des notions scientifiques et à "identifier" leurs "applications en agrotechnique"[80].

Cette équipe a adopté un mode de "recherche participative". Théoriciens et praticiens travaillent ensemble dans la classe, "d'abord pour poser des diagnostics de situations à améliorer et puis pour trouver et vérifier des solutions"[81]. Des diverses phases du travail, nous n'évoquerons ici que ce qui a trait à l'objet de ce chapitre, c'est-à-dire l'identification de notions et concepts scientifiques de base.

c) Connaissances scientifiques et agrotechnique au secondaire

En vue d'identifier les connaissances scientifiques requises en agrotechnique au secondaire professionnel, "chaque professeur, écrit Françoise Beaulieu, a procédé à une analyse des cours qu'il dispensait dans le programme"[82] et en a dégagé des notions scientifiques fondamentales. On s'est ainsi rendu compte qu'une soixantaine de notions de sciences devaient être enseignées pour assurer aux élèves une meilleure formation de base[83]. Il s'agissait de notions de biologie, de physique et de chimie.

---

[79] Idem, p. 2.

[80] Landry Carol, 16 modules de notions scientifiques en agro-technique. Profil, vol. 15, no 2, décembre 1984 - janvier 1985, p. 4.

[81], [82], [83]. Voir la référence 75, p. 3.

Ces notions, étayées d'applications pratiques se rattachan aux différents cours du programmes ont été réparties en 16 modules, que l'on a déjà expérimentés et évalués.

Sous des formes et à des degrés qui peuvent varier, chaque module regroupe quelques notions scientifiques autour d'un thème lié à l'agriculture.

Voici, tel que présentés par Carol Landry dans un article récent, quelques exemples de ces modules:

1- "Le labour - notions de physique: masse poids, densité force, inertie, frottement travail, puissance et vitesse;

2- Le drainage - notions de physique: débit et pression;

3- L'application du fumier sur les champs - notions de chimie. Éléments minéraux en agriculture, molécules, atomes, ions, symboles, les composantes d'une réaction chimique.

4- La cellule-notions de biologie: différentes parties et utilisations de la cellule"[84].

La version finale des modules serait disponible en septembre 1985.

5. Élaboration d'un "tutoriel" et classification de concepts relatifs à l'électricité

A l'Université de Montréal, MM. H.D. Stolovitch, B.F. Rousse et leurs collaborateurs poursuivent l'élaboration d'un didacticiel d'un type particulier. Ses auteurs l'ont appelé tutoriel. En effet il devrait agir comme un véritable tuteur à l'égard de l'élève grâce à sa triple fonction didactique, diagnostique et stratégique.

---

[84] Voir la référence 80.

Bien que la création de ce didacticiel ne concerne qu'indirectement l'objet de ce chapitre, nous en dirons quelques mots, vu son importance quant à la classification des concepts.

a) Les objectifs du tutoriel

Voici les objectifs fonctionnels de l'élaboration de ce tutoriel,

1) "assurer l'enseignement effectif et efficace de concepts technologiques ou abstraits à diverses catégories d'étudiant(e)s"...

2) "effectuer un diagnostic précis et continu des erreurs-types et carences d'apprentissage spécifiques de chaque étudiant(e)"

3) "élaborer les stratégies correctives appropriées aux types d'erreurs commises et au profil d'apprentissage de chaque étudiant(e)"[85].

Le domaine choisi pour la mise au point de ce tutoriel est celui de l'électricité.

b) Une définition rigoureuse du mot concept et un exemple de son utilisation dans le domaine de l'électricité

Le travail de l'équipe de M. Stolovitch repose sur une définition rigoureuse du mot concept, qui s'inspire "de la psychologie cognitiviste de l'apprentissage"[86].

85, 86. Rousse B.F., Socratix 1, Profil, Octobre-novembre 1984, vol. 5, no 1, p. 6.

> "Un CONCEPT est une CLASSE d'entités caractérisées par un nombre défini de propriétés communes - les ATTRIBUTS CRITIQUES - et variables - les ATTRIBUTS VARIABLES.
> Les attributs critiques sont partagés par TOUS les EXEMPLES du CONCEPT. Les attributs variables se répartissent entre les exemples et évoluent à l'intérieur de limites définies - leurs DIMENSIONS"[87].

L'élaboration d'un didacticiel visant à faire acquérir des concepts ainsi définis suppose que l'on dispose d'une hiérarchisation de concepts dans le domaine en cause.

A titre d'exemple, la p. 104 présente une hiérarchisation élaborée par l'équipe de M. Stolovitch et tirée d'un rapport de recherche; elle a trait au générateur d'électricité. La page suivante provient de la même source[88] et donne l'analyse conceptuelle relative à celui-ci.

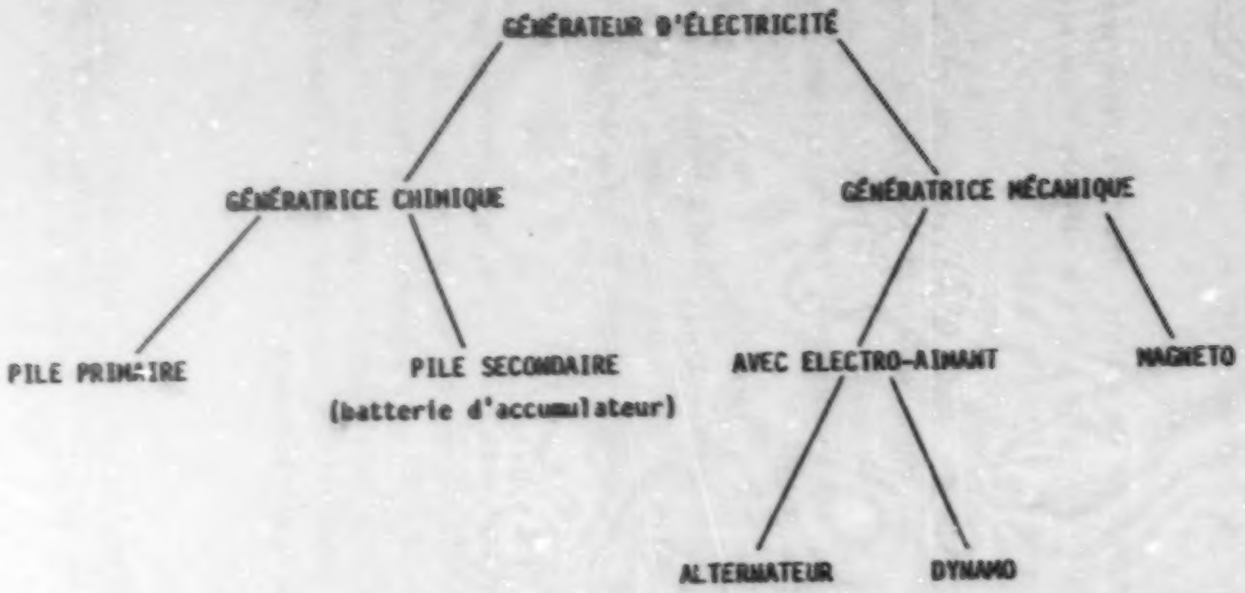
L'enjeu de l'élaboration du tutoriel Socratix (c'est son nom) est considérable. Il importera toujours, en effet, de savoir structurer ou classifier les concepts acquis lors d'observations ou d'expériences diverses.

La deuxième partie de ce chapitre, que nous abordons maintenant, concerne des études américaines centrées pour la plupart, sur l'enseignement de notions ou de concepts. Ces études touchent cependant d'une façon ou de l'autre la question de l'identification des connaissances scientifiques sous-jacentes à la formation technologique au secondaire professionnel.

---

87. Idem, p. 6.

88. Rousse B.F., Cloutier J.F., et Stolovitch H.D., Prolongation du subvention P.P.M.E.P., Université de Montréal, PPMEP-Technologie éducationnelle. Faculté des sciences de l'éducation, novembre 1984, 15 p.


GÉNÉRATEUR D'ÉLECTRICITÉ
GÉNÉRATRICE CHIMIQUE
GÉNÉRATRICE MÉCANIQUE
PILE PRIMAIRE
PILE SECONDAIRE
(batterie d'accumulateur)
AVEC ELECTRO-AIMANT
MAGNETO
ALTERNATEUR
DYNAMO

(Tiré de Rousse B.F., Cloutier J.F. et Stolovitch, H.D., op. cit., p. 10)

GÉNÉRATEUR D'ÉLECTRICITÉ

Définition : Appareil servant à produire une tension électrique

Surclasse : Générateur

Attribut critique :

- produire une tension électrique

Attributs variables :

1. le type de génératrice: chimique, par induction, solaire
2. valeur de la tension générée
3. présence du courant électrique

Exemples :

Dynamo: 1. par induction, 2. variable
Batterie d'auto: 1. chimique, 2. 6 ou 12 volts
Pile solaire: 1. solaire, 2. variable
Centrale hydro-électrique: 1. par induction, 2. très grand
Centrale nucléaire: 1. par induction, 2. très grand
Alternateur: 1. par induction, 2. variable
Magnéto: 1. par induction, 2. grand
Pile primaire: 1. chimique, 2. 1,5 volt ou plus

Non-exemples :

un démarreur
un moteur d'automobile
un grille-pain
une cuisinière

Concepts prérequis :

générateur, tension électrique

(Tiré de Rousse B.F., Cloutier J.F. et Stolovitch, H.D., op. cit. p. 11).

B. Études américaines

Aux États-Unis, un grand nombre d'études portent sur la formation de base des élèves de l'enseignement professionnel.

On y trouve même des "revues de littérature" sur les habiletés de base. L'une d'elle, par exemple, a été effectuée à l'Université Roosevelt de Chicago, dans le cadre d'une étude publiée sous le titre suivant: A Comprehensive Study of the Relationship Between Academic Requirements in Vocational Education and the Abilities of Students in Various Vocational Education Programs[89]. Un autre travail s'intitule A Quantitative Study of Basic Skills in Vocational Education[90], et fournit notamment des données quantitatives sur les habiletés de base des élèves de l'enseignement professionnel.

Nous nous arrêterons ici à l'une de ces revues d'études, plus précisément au compte rendu d'un travail ayant trait en partie à l'identification de concepts scientifiques. La revue d'études en cause est l'oeuvre de Cheng Liu[91], de l'Université de l'état de New York. Nous en tirerons diverses notes sur le projet d'analyse des emplois ("the Occupational Analysis Project") de l'Université de l'Ohio, que nous présenterons en premier lieu.

---

89. Benett and others, A Comprehensive Study of the Relationship Between Academic Requirements in Vocational Education and the Abilities of Students in Various Vocational Education Programs. Roosevelt University, Chicago, Jul. 81. ED, 212945, 141 p.

90. Weber J. and others, A Quantitative Study of Basic Skills in Vocational Education. Ohio State University, Columbus, NCRVE, Janv. 82, 280 p.

91. Liu Cheng, Literature Search. Teaching Basics Skills Through Vocational Education. Technical Report. State University of New York, April 1980, ED 217160, 119 p.

Il sera ensuite question du système de modules d enseignement Unified Technical Concept, que l'on a adapté récemment aux élèves du secondaire et de quelques autres travaux sur diverses habiletés de base en matière de sciences.

1. Le projet d'analyse des emplois de l'Université de l'Ohio

"The Occupational Analysis Project" a été réalisé par le Laboratoire de matériel didactique (Trade and Industrial Education) de l'Université de l'Ohio avec la collaboration du Département de l'Éducation (Division de la formation professionnelle) de l'Ohio.

Ce projet avait pour but de familiariser les maîtres du secteur professionnel avec l'analyse des emplois. On voulait non seulement les entraîner à l'analyse des tâches mais aussi les habituer à dégager les habiletés de base en mathématiques et en matière de sciences et de communication.

Au cours d'ateliers de deux semaines, des enseignants du secteur professionnel se sont adonnés à une analyse des emplois dans lesquels ils avaient acquis de l'expérience. Ils furent aidés dans ce travail par des spécialistes de l'emploi ("occupational consultants"), par des spécialistes des communications, et par des personnes connaissant bien les mathématiques. Des représentants du monde des affaires, de l'industrie et de l'éducation apportèrent aussi leur collaboration.

L'analyse en cause a porté sur 98 emplois. Elle devait tenir compte des tâches diverses liées à chacun d'eux; on s'interrogea sur les points suivants, par rapport à chacune des tâches:

- outils et équipements
- façon de procéder

- règles de sécurité
- concepts et habiletés en mathématiques
- concepts et habiletés en sciences
- concepts et habiletés en matière de communication[92]

A titre d'exemple, voici, en matière de sciences, quelques éléments issus de l'analyse de tâches relatives au métier de mécanicien spécialiste de la carrosserie d'automobiles:

- Machines simples utilisées pour leur apport sur le plan mécanique
- Forces centrifuges créées par les corps en rotation
- Fluides sous pression (air comprimé)
- Effets de la friction, en ce qui concerne notamment la qualité des produits[93].

Cheng Liu souligne le caractère unique de l'étude de l'Université de l'Ohio, qui réside dans le fait qu'elle indique les habiletés de base requises pour accomplir avec succès une tâche spécifique[94].

2. Des modules d'enseignement sur des concepts de base de la physique

C'est afin de répondre aux besoins des industries et du monde de demain que le Technical Education Research Center de Waco, au Texas[95, 96] a conçu un système de modules d'enseignement

---

[92] Idem, p. 20.

[93] Idem, p. 22.

[94] Idem, p. 28.

[95] Technical Education Research Center, Unified Technical Concepts, Phase I, Final Report. ED 169 222, 109 p.

[96] Technical Education Research Center, Unified Technical Concepts, Phase II, Expand Applications to Industrial Technologies and Adult Education. Final Report. ED 190 746, 193 p.

(Unified Technical concepts) qui met l'accent sur l'unification de concepts techniques. Cet ensemble de modules repose sur l'hypothèse que la physique sera mieux aimée et assimilée si ses éléments sont unifiés systématiquement et mis en relation avec des exemples pratiques tirés de programmes d'études.

Unified Technical Concepts se compose de 13 modules de base, portant chacun sur l'une des notions fondamentales de la physique (telle que celles de force, de travail, de résistance, etc.) de huit modules pouvant compléter les modules de base et de 170 modules relatifs aux applications technologiques découlant des notions contenues dans les modules de base.

L'originalité des modules de base réside en ce que les principes fondamentaux sont appliqués dans les principaux systèmes énergétiques, c'est-à-dire dans les systèmes mécaniques, thermiques, électriques et dans celui des fluides. Par exemple, l'élève peut en arriver à saisir le concept de force dans ses relations avec le mouvement des fluides, le courant électrique, la notion de chaleur, et le déplacement d'une masse (grâce auquel on aborde en général la notion de force). Il semble toutefois que certains principes de la physique se prêtent mieux que d'autres à cette unification[97].

Unified Technical Concepts s'adresse à des élèves ayant terminé leurs études secondaires. Cependant, depuis quelques années, tout en retenant les mêmes concepts et principes de base ainsi que la même orientation, on travaille à l'élaboration d'un système de modules destiné aux élèves de 11e et 12e année de l'enseignement professionnel[98].

---

97. Pedrotti F.L. et Pedrotti L.S., Evaluation Report of Project Consultants/Editors in Technical Education Research Center. Unified Technical Concepts, Phase II, ED 190 746, pp. 154-155.

98. Agency for Instructional Television and Center for Occupational Research and Development. Prospectus. Principes of Technology, Indiana, AIT, 1983 16 p.

Le nouveau système modulaire appelé Principles of Technology comporte 13 modules*, des guides du maître et de l'élève, 156 travaux de laboratoire et démonstrations ainsi que 500 minutes de video[99]. Les six premiers modules sont expérimentés au cours de l'année scolaire 1984-85[100] dans une trentaine d'états américains, et même au Canada, en Alberta et en Ontario[101]. Ils seront disponibles en septembre 1985.

3. Deux ouvrages sur l'initiation à la démarche scientifique

Si l'on tient compte des résultats de la recherche sur les habiletés génériques[102], décrite précédemment, on se préoccupera sans doute de faire acquérir, aux maîtres comme aux élèves, des habiletés inhérentes à la démarche scientifique.

C'est pourquoi nous voudrions présenter, à titre d'exemple, un guide du maître intitulé Learning Science Process Skills[103].

---

* "The projects provides 13 units of instruction, each focusing on the principles that underlie today's high technology: 1. Force 2. Work 3. Rate 4. Resistance 5. Energy and momentum 6. Power 7. Force transformers 8. Energy converters 9. Optical systems 10. Transducers 11. Time constants 12. Vibrators 13. Radiation ".

[99, 101] Principles of Technology. Center for Occupational Research and Development and Agency for Instructional Technology, 1984 (Depliant publicitaire).

[100] Agency for Instructional Television and Center for Occupational Research and Development. Prospectus. Principles of Technology, Indiana, AIT, 1983, 16 p.

[102] Smith A. de W., Habiletés génériques - Clés du rendement professionnel. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1978, p. 12.

[103] Funk H. James and others, Learning Science Process Skills. Kendall Hunt Publishing C. ED 175 721, 1979, 183 p.

Bien qu'il soit destiné à des maîtres de l'enseignement élémentaire et qu'il porte sur des habiletés de base à faire acquérir, selon les auteurs du primaire, ce guide pourrait éventuellement être de quelque utilité à des maîtres du secteur professionnel.

Cet ouvrage comprend deux parties. La première touche des habiletés de base que les élèves devraient acquérir pendant les quatre premières années de la scolarité (de la maternelle à la troisième inclusivement); la seconde concerne les élèves de 4e à 6e années inclusivement. Dans le premier groupe on trouve les habiletés de base suivantes: observer, faire des inférences, mesurer, communiquer, classifier et prédire. Le second groupe réunit un ensemble de dix habiletés de base, à savoir:

a) identifier les variables;
b) construire des tableaux présentant des données;
c) dessiner des graphiques (graphs);
d) établir des relations entre les variables;
e) recueillir et traiter des données;
f) analyser des données;
g) élaborer des hypothèses;
h) définir des variables de manière opérationnelle;
i) faire le plan de la recherche;
j) expérimenter.

Dans ce guide, chaque habileté de base est présentée à l'intérieur d'un chapitre. Chaque chapitre commence par la définition d'objectifs et se termine par un test sur les activités qui précèdent.

Bien d'autres documents contiennent des idées intéressantes en ce qui concerne l'initiation à la méthode scientifiques. Mentionnons ici un travail intitulé Physical Science for Nonscience

Students[104] et destiné à des jeunes autres que les étudiants en sciences.

La philosophie justifiant l'approche préconisée dans cet ouvrage se résume nous semble-t-il, dans la phrase suivante:

> "Central to science is the enjoyment of observing the universe and wondering about it, postulating models consistent with our observations and testing them in new situations(...) To give the student time to observe and wonder and explore on this own, the content of the course must be drastically limited"[105].

Cette situation touche la question des relations entre le contenu et la méthode que nous aborderons dans la conclusion de ce chapitre.

4. Une vue constructiviste des habiletés de base sous-jacentes à l'étude des sciences

Sous le titre What's Basic? A Constructivist View[106], Thomas O'Brien, traitant de la formation de base en général, émet l'idée que l'éducation doit avoir pour but de provoquer le développement intellectuel en pourvoyant l'élève d'un ensemble structuré d'habiletés de base lui permettant de classifier, d'ordonner, d'organiser, de coordonner, d'effectuer des multiplications logiques, de faire des inférences, de distinguer le nécessaire, le plausible et le possible, etc.

---

[104] Bassett Lewis and others, Physical Science for Nonscience Students (PSNS) Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, N.Y., Janvier 1971, 341 p.

[105] Idem, p. 285.

[106] O'Brien Thomas C., What's Basic? A Constructivist View, in Reed Linda, Ed., Ward Spencer, Ed., Basic Skills Issues and Choices: Issues in Basic Skills Planning and Instruction. Volume 1, Cemrel Inc., St-Louis, Mo, Apr. 1982, ED 218 648, pp. 106-115.

Selon O'Brien, un éducateur qui adhère à cette vue constructiviste se préoccupe probablement davantage de la construction des opérations mentales que de la découverte de la structure du contenu:

> "... A constructivist is likely to be more concerned with the child's construction of thinking abilities than with the discovery of the structure of content (or with the passive storage of structure)"[107].

Bien que cela soit possible, que l'on nous permette d'émettre l'opinion, illustrée dans une thèse de doctorat[108] soutenue à Lyon par l'auteur de ces lignes, qu'un éducateur averti doit tenir compte à la fois de la structure du contenu et du développement de l'élève, et que la valeur d'un programme dépendra pour une grande part de la correspondance établie entre ces deux éléments.

Conclusion

Une étude sur la didactique n'échapperait pas à un danger certain si elle se bornait à considérer successivement chacun des éléments de celle-ci, à savoir le contenu, les méthodes et les caractéristiques des élèves. En effet, la délimitation et l'organisation du contenu d'un programme d'études doit tenir compte des capacités et des carences des élèves, de leurs intérêts et de ce qui peut les motiver; sinon, le contenu risque de ne pas être assimilé. L'étendue du contenu peut varier en fonction de l'utilisation de telle ou telle méthode; elle sera peut-être limitée si l'on adopte, par exemple, une méthode visant à faire acquérir les principaux éléments de la démarche scientifique, ainsi que le soulignait l'ouvrage intitulé Physical Science for Nonscience Students[109]. Il importe donc d'étudier en profondeur les interrelations du contenu, de la méthode et des caractéristiques des élèves; cette question ne sera ici qu'effleurée, grâce à l'évocation de deux expériences, qui nous semblent particulièrement intéressantes.

---

[107] Idem, p. 111.

[108] Labonté Thérèse, *Différenciation du "possible" et du "probable" et emplois modaux: contribution à l'étude du développement cognitif durant la scolarité*. Thèse de doctorat de 3e cycle de Sciences de l'éducation, Université de Lyon II, juin 1980, 224 p.

La première de ces expériences est décrite dans un document dont le titre est le suivant: An Integrated Approach to the Science Preparation of Prospective Elementary School Teacher[110]. Elle avait pour but de préparer à l'enseignement des sciences de futurs maîtres de l'élémentaire, à partir de concepts scientifiques de base et grâce à l'utilisation d'une méthode d'entraînement à la recherche. Elle s'étendit sur une période de six ans, au cours de laquelle les étudiants ont suivi des cours et participé à des stages d'enseignement. Les résultats de cette expérience ont été des plus prometteurs. De négative qu'elle était, l'attitude des futurs maîtres envers les sciences devint, en général, favorable. Les auteurs expliquent en partie ce changement par l'évolution intellectuelle qu'aurait suscitée chez eux les activités cognitives en cause. Ils ajoutent aussi ce qui suit:

> "In part, it is a reflection of the presentation of integrated science, the relationship of the science content to science methodology and to classroom teaching experience with children and the continuation of the same staff over a three year period"[111].

---

[109] Voir la référence 104, p. 285.

[110] De Vito Alfred, Norland Floyd. An Integrated Approach to the Science Preparation of Prospective Elementary School Teachers. Purdue University, Lafayette, Ind. Dept. of Education, 1978, ED 159 139, 125 p.

[111] Idem, pp. 20-21.

Il nous semble opportun de préciser en quoi consiste la méthode utilisée au cours de cette expérience, désignée par les expressions "inquiry training" ou "inquiry teaching"... L'enquête, la recherche y est conçue comme une méthode visant à recueillir l'information nécessaire à la solution d'un problème...

> "Inquiry, further defined, is that process which fosters the development of creative, innovative, independant thinkers, when confronted with a problem, exhibit an autonomous search behavior, reflecting their own criteria for assessing the value, accuracy and relevance of their ideas"[112].

Selon les résultats de cette expérience, qu'il s'agirait d'étudier plus à fond, il semblerait que la façon de présenter le contenu puisse favoriser le développement intellectuel des élèves. On pourrait ajouter que beaucoup d'études s'inspirant de la théorie du développement intellectuel de Piaget ont montré que nombre de jeunes n'ont pas atteint le stade formel[113]. S'il en est ainsi, ne faudrait-il pas tenter d'accroître les capacités intellectuelles des élèves et d'adapter les exigences de l'enseignement aux possibles lenteurs de leur évolution?

Il importe d'ajouter aussi qu'un enseignement tenant compte de la motivation et du style cognitif des élèves puisse être couronné de succès, même chez des élèves en difficulté. C'est ce qui semble ressortir de la dernière étude dont nous parlerons ici et qui s'intitule Lane Community College Skills Training for Disadvantaged Students. Project Report[114].

---

112. Idem, pp. 86-87.

113. Labonté Thérèse, Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège. Direction de la recherche, MEQ, Québec, décembre 1982, pp. 57-63.

114. Rasor Leslie, Lane Community College Skills Training for Disadvantaged Students. Project Report. March 1979 - March 1980. Lane Community College, Eugene, Oregon, Juillet 1980, ED 190 765, 62 p.

Afin de motiver les élèves, on a eu soin de leur faire comprendre, au cours de l'expérience en cause, l'importance des notions de mathématiques, de lecture et d'écriture, dans le cadre des cours relatifs à la construction, des travaux faits en classe et des projets réalisés à l'extérieur. "All basic skills were taught in sequential steps and the job relevance was stressed"[115].

Dans le but de déterminer les styles cognitifs des élèves, et d'aider ceux-ci à devenir responsables de leur propre apprentissage, on utilisa un questionnaire intitulé Cognitive Style Mapping et un guide de l'élève[116]. On amena les élèves à connaître les divers styles d'apprentissage, leurs avantages et leurs inconvénients. On parla aussi de la façon d'en tirer le meilleur profit, tout en en corrigeant les carences. On apprit de plus aux élèves à établir un lien entre leur propre style d'apprentissage et le choix d'un emploi, le genre de travail qu'il exige ("work style"), etc. Voilà autant d'exemples dont il conviendrait, semble-t-il, de nous inspirer[117].

Le troisième chapitre traitera plus à fond de diverses démarches pédagogiques en les rattachant aux théories du développement et de l'apprentissage dont elles s'inspirent.

---

115. Idem, p. 16.
116. Idem, p. 9.
117. Idem, p. 17.

CHAPITRE TROISIÈME

THÉORIES GÉNÉRALES DU DÉVELOPPEMENT ET DE L'APPRENTISSAGE ET DÉMARCHES PÉDAGOGIQUES QUI S'EN INSPIRENT

Introduction: Quelques réflexions sur la notion de méthode et l'utilité d'un cadre de référence

Comme on l'a vu précédemment, un consensus semble s'instaurer sur la nécessité d'accroître le contenu scientifique de la formation professionnelle au secondaire. La nature de ce contenu se précise peu à peu grâce à divers travaux de recherche. Mais de nombreuses questions restent en suspens. Jusqu'où convient-il d'aller dans l'enseignement relatif à tel ou tel concept? Faut-il ne présenter que les concepts se rapportant strictement aux technologies et au maniement des objets techniques ou faut-il viser une formation scientifique plus vaste? etc.

Si l'unanimité n'est pas encore réalisée quant à la nature du contenu, elle ne l'est pas encore, non plus, en ce qui concerne la façon de le présenter aux élèves et c'est sans doute heureux. Ne convient-il pas, en effet, d'y consacrer une bonne dose de réflexion et de recherche, et d'essayer de regrouper les données susceptibles d'être utiles? Ce travail reflète cette préoccupation et l'un de ses buts, est de tenter d'élaborer, en ce qui concerne la didactique, une synthèse de données recueillies lors d'une revue d'études concernant de quelque façon l'acquisition de concepts scientifiques au secondaire professionnel.

Le fait d'aborder la question de la didactique des sciences au secteur professionnel nous confronte une fois de plus à une réflexion sur la notion de méthode d'enseignement. Comme fil conducteur de nos analyses et synthèses nous proposerons la définition suivante:

"Une méthode est une façon d'organiser la vie de la classe en fonction

- de la fin que l'on poursuit,
- de la structure de ce que l'on enseigne,
- et de l'idée que l'on nourrit des écoliers"[1].

Certes, une réflexion visant à préciser les objectifs de l'enseignement des sciences au secteur professionnel pourrait, à elle seule, nous retenir longuement. Mais, ne peut-on pas présumer qu'il existe un accord sur la nécessité de faire acquérir certaines notions fondamentales - que l'on se réfère par exemple à la recherche effectuée à l'UQAC[2] ou à celle du Ministère de la Main-d'oeuvre et de l'Immigration du Canada[3]. Il ne serait donc pas vain, si tel est le cas, de porter dès maintenant notre attention sur les deux autres éléments de la définition en cause, à savoir la structure de la matière et la représentation que l'on se fait des écoliers.

Toute pratique pédagogique, qu'on le veuille ou non, résulte d'une conception implicite ou explicite du développement et de l'apprentissage, et d'une certaine façon d'envisager la structuration de la matière. Et il importe, si l'on veut réaliser une synthèse, de pouvoir situer les éléments issus de notre étude dans un cadre de référence qu'il faut au moins accepter comme hypothèse de travail.

---

1. Avanzini Guy, Immobilisme et novation dans l'éducation scolaire. Privat, Toulouse, 1975, pp. 22-23.

2. Saint-Laurent R., Mounivongs K. et coll., Identification des besoins en sciences physiques et élaboration d'une didactique appliquée à l'enseignement professionnel. PPMEP, Université du Québec à Chicoutimi, Rapport 1, avril 1983, 76 p.

3. Smith A. de W., Habiletés génériques. Clés du rendement professionnel. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1978, pp. 12-13.

De fait, bien des recherches se réfèrent explicitement à certaines grandes théories touchant le développement de l'élève et la structuration de la matière, surtout à celles de Piaget, d'Ausubel et de Gagné. Il nous semble donc opportun de rappeler ici quelques grands aspects de ces théories et de citer, à titre d'exemples, quelques-unes de leurs applications dans l'enseignement des sciences. Et, afin de nous acheminer vers l'élaboration d'une synthèse pouvant guider la conduite de la classe, nous nous demanderons si, parmi ces applications, certaines seraient susceptibles de se compléter.

A - Piaget

I - La théorie de Piaget sur le développement intellectuel: brève description

1. Considérations générales

a) Le développement mental: constance de certains fonctionnements et structures variables

Parmi les psychologues qui ont inspiré des recherches sur l'enseignement des sciences, Piaget occupe une place prépondérante. Sans doute est-ce dû au fait qu'il a travaillé avec sa collaboratrice Berbel Inhelder à des recherches "sur l'induction des lois physiques chez l'enfant et chez l'adolescent"[1].

Pour Piaget, le développement psychique consiste, par essence, "en une marche vers l'équilibre"[2]. Cet auteur cherchera donc à décrire en termes d'équilibre l'évolution de l'enfant et de l'adolescent.

De ce point de vue, le développement mental est "une construction continue" comparable selon Piaget "au montage d'un mécanisme subtil, dont les phases graduelles d'ajustement aboutiraient à une souplesse et à une mobilité d'autant plus grandes des pièces que leur équilibre deviendrait plus stable"[3].

Si l'on considère "les mobiles généraux de la conduite et de la pensée"[4], de l'enfant à l'adulte, on se rend compte de la constance de certains fonctionnements:

---

1. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 1.

2. Piaget J., Six études de Psychologie. Genève, Éditions Gonthier, 1964, p. 9.

3. 4. Idem, pp. 10 et 11.

> "à tous les niveaux, l'action suppose toujours un intérêt qui la déclenche, qu'il s'agisse d'un besoin physiologique, affectif ou intellectuel (le besoin se présente en ce dernier cas sous la forme d'une question ou d'un problème); à tous les niveaux, l'intelligence cherche à comprendre ou à expliquer, etc., etc."[5]

Cependant, ajoute Piaget, "si les fonctions de l'intérêt, de l'explication, etc.", se retrouvent à tous les âges, les intérêts, eux, "varient considérablement d'un niveau mental à un autre" et les "explications particulières (...) sont de formes très différentes selon le degré de développement intellectuel. A côté des fonctions constantes, il faut donc distinguer des structures variables"[6].

L'analyse de ces structures ou "formes successives d'équilibre" marquera les différences entre les divers niveaux de la conduite. Ces structures consisteront donc dans "les formes d'organisation de l'activité mentale, sous son double aspect moteur ou intellectuel, d'une part, et affectif, d'autre part, ainsi que selon ses deux dimensions individuelle et sociale"[7].

b) Énumération des stades

Dans son ouvrage Six études de psychologie, Piaget distingue "pour plus de clarté" six stades de développement correspondant à la formation de ces structures. Il regroupe les trois premiers en une même période, "la période du nourrisson (jusque vers un an et demi à deux ans"). Voici donc l'énumération de ces stades telle que présentée par Piaget:

> "1° Le stade des réflexes, ou montages héréditaires, ainsi que des premières tendances instinctives (nutrition) et des premières émotions.

---

5. 6. 7. Idem, p. 11.

2e Le stade des premières habitudes motrices et des premières perceptions organisées ainsi que des premiers sentiments différenciés.

3e Le stade de l'intelligence sensori-motrice ou pratique (antérieure au langage), des régulations affectives élémentaires et des premières fixations extérieures de l'affectivité".

4e "Le stade de l'intelligence intuitive, des sentiments interindividuels spontanés et des rapports sociaux de soumission à l'adulte (de deux à supt ans)...

5e Le stade des opérations intellectuelles concrètes (début de la logique), et des sentiments moraux et sociaux de coopération (de sept à onze-douze ans).

6e Le stade des opérations intellectuelles abstraites, de la formation de la personnalité et de l'insertion affective et intellectuelle dans la société des adultes (adolescence)"[8].

c) Évolution mentale, recherche d'équilibre et adaptation

Cette énumération fait ressortir que Piaget s'intéresse non seulement au développement mental mais aussi à celui de l'affectivité et de la sociabilité, bien qu'il occupe moins de place dans ses travaux. Il est à noter que l'essentiel de ce qui est acquis à chaque stade subsiste comme sous-structure au cours des stades ultérieurs. "Il s'ensuit que chez l'adulte, chacun des stades passés correspond à un niveau plus ou moins élémentaire ou élevé de la hiérarchie des conduites"[9]. Chaque stade comporte cependant des caractères momentanés et secondaires qui seront modifiés par la suite; il constitue donc "une forme particulière d'équilibre, et l'évolution mentale s'effectue dans le sens d'une équilibration toujours plus poussée"[10].

---

8. 9. 10. Idem, p. 12.

Il importe, nous semble-t-il de s'arrêter davantage sur la question de la constance des fonctionnements observés à tous les stades. D'une "manière absolument générale", toute action, c'est-à-dire explique Piaget, "tout mouvement, toute pensée ou tout sentiment répond à un besoin"[11]. Se référant à la définition de Claparède selon laquelle "un besoin est toujours la manifestation d'un déséquilibre", Piaget montre que "chaque conduite nouvelle consiste non seulement à rétablir l'équilibre, mais encore à tendre vers un équilibre plus stable que celui de l'état antérieur à cette perturbation"[12].

Par exemple, la fatigue amènera la recherche du repos, la faim, celle de nourriture. "La rencontre d'un objet extérieur déclenchera le besoin de jouer, son utilisation à des fins pratiques, ou suscitera une question, un problème théorique"[13]. Dans ce dernier cas la solution du problème mettra un terme à la conduite en cause.

Piaget dégage la "forme générale des besoins et intérêts communs à tous les âges"[14]. Selon lui, tout besoin tend "1° à incorporer les choses et les personnes à l'activité propre du sujet, donc à "assimiler" le monde extérieur aux structures déjà construites; 2° à réajuster celles-ci en fonction des transformations subies, donc à les accommoder aux objets externes"[15].

L'adaptation consistera dans "l'équilibre de ces assimilations et accommodations" et le développement mental apparaîtra "comme une adaptation toujours plus précise à la réalité"[16].

---

11. 12. 13. Idem, p. 13.

14. 15. Idem, p. 14.

16. Idem, p. 15.

Nous nous arrêterons ici aux dernières étapes de cette adaptation, à savoir la période des opérations concrètes et celle des opérations formelles. On peut penser en effet que les élèves du secteur professionnel se situent en majorité à l'un ou l'autre de ces niveaux. Nous dirons cependant quelques mots de la période sensori-motrice, qui dans certains ouvrages, regroupe les trois premiers stades mentionnés précédemment (voir p. 121) et de la période pré-opératoire, appelée ci-dessus "stade de l'intelligence intuitive" (de deux à sept ans). Dans l'ouvrage intitulé Problèmes de psychologie génétique, Piaget jumelle cette dernière période à celle des opérations concrètes[17]. On compte alors trois grandes périodes.

2. Brève description des principales caractéristiques des grandes périodes du développement

a) La période de l'intelligence sensori-motrice et la période pré-opératoire

- La période sensori-motrice

De la naissance à l'apparition de la pensée symbolique, les changements les plus rapides surviennent. Une véritable "révolution copernicienne" s'accomplira

> ..."A la naissance, l'enfant n'est capable que d'actions isolées: sucer, toucher fortuitement les objets, écouter, etc. De plus, tout est centré sur son corps. Pour le tout petit enfant, les objets en eux-mêmes n'ont pas d'existence. Il n'a pas de conscience de lui-même en temps que sujet"[18].

---

[17] Piaget Jean, Problèmes de psychologie génétique. Paris, Bibliothèque Médiations, 95, Denoël-Gonthier, 1972, p. 61.

[18] Piaget Jean, Mes idées. Paris, Denoël-Gonthier, Bibliothèque Médiations, 153, p. 68, 1977.

A la fin de la période sensori-motrice, l'enfant ne percevra plus son corps comme le centre du monde, mais comme un objet parmi les autres. Les objets "sont maintenant en relation entre eux, soit par des liens de causalité, soit par des rapports spatiaux, le tout dans un espace cohérent qui les englobe"[19].

Au cours de cette période, la construction des structures de l'organisme effectuée pendant l'embryogenèse se trouve prolongée et dépassée par celle des schémas sensori-moteurs. Comme on le sait, les schèmes de la conduite sont "le canevas des actions susceptibles d'être répétées activement"[20]. Autrement dit, un schème permet de répéter la même action et de l'appliquer à de nouveaux contenus.

Ainsi, le jeune bébé pourra porter divers objets à sa bouche ou les frapper contre le mur, et reconnaître les objets en leur attribuant une signification en fonction d'un schème (certains objets peuvent être mangés, d'autres non). Il y aura là assimilation[21]. Le schème se différenciera en fonction de situations nouvelles; il y aura alors accommodation[22].

- La période* pré-opératoire

Cette période comporte deux stades: le stade pré-conceptuel et le stade intuitif[23].

---

19. Idem, p. 69.

20. Piaget J., La psychologie de l'intelligence. Paris, Armand Colin, 1964, p. 13.

21. Battro A., Dictionnaire d'épistémologie génétique. Paris, P.U.F., 1966, p. 18.

22. Idem, p. 3.

* Dans l'ouvrage intitulé "Problèmes de psychologie génétique", Piaget parle de "périodes" pour désigner les grandes unités, et de "stades", puis de "sous-stades" pour décrire leurs subdivisions.

23. Piaget J., Mes idées. Paris, Denoël-Gonthier. Bibliothèque Médiations, 153, p. 129 et 130, 1977.

Au cours du stade pré-conceptuel, le jeune enfant apprend à parler et à utiliser une image mentale, un symbole, etc. pour représenter un événement ne se situant pas dans l'immédiat. Son imagination se manifestera, par exemple, par le recours à un objet pour symboliser un animal ou un autre objet: un balai représentera un cheval, une boîte de conserve, un écouteur téléphonique, etc. Chez lui, l'imitation devient de plus en plus intériorisée.

Cependant, l'enfant ne peut alors classifier des objets et adopter un point de vue autre que le sien; il ne peut se mettre à la place d'un autre.

Le stade intuitif amène l'élaboration, chez l'enfant, d'un "concept rudimentaire d'ensemble et d'inclusion dans un ensemble", fondé surtout sur des analogies perceptives. Ainsi une étoile de mer sera-t-elle considérée comme une sorte de pierre[24], à cause de son apparence.

b) La période des opérations concrètes

- Brève description des opérations concrètes

Pour Piaget, les opérations concrètes sont "celles qui portent sur des objets manipulables (manipulations effectives ou immédiatement imaginables), par opposition aux opérations portant sur des hypothèses ou des énoncés simplement verbaux (logique des propositions)"[25]. Elles peuvent consister en classifications, en sériations, en correspondances terme à terme, en opérations multiplicatives, etc...

---

24. Idem, pp. 130 et 131.

25. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, Bibliothèque Médiations, 95, 1972, p. 61.

> "... un enfant saura sérier vers 7-8 ans des quantités de matière, des longueurs, etc; il saura les classer, les dénombrer, les mesurer, etc.; il parviendra même à des notions de conservation relatives à ces mêmes contenus"[26].

Toutefois, il ne sera capable de ces opérations, en ce qui concerne le poids, que deux ans plus tard... Piaget parle alors de décalage horizontal à l'intérieur d'une même période.

- La notion de conservation

Il importe d'apporter ici quelques précisions au sujet de la notion de conservation. Pour cela recourons à un exemple souvent invoqué par Piaget:

> "Si l'on verse de l'eau dans deux verres identiques et jusqu'au même niveau, l'enfant n'aura aucun mal à admettre que les deux verres contiennent la même quantité d'eau. Si dans un deuxième temps, on verse l'eau de l'un des verres dans un récipient plus haut et plus étroit (obtenant ainsi un niveau d'eau plus élevé), l'enfant soutiendra au stade pré-opératoire que ce nouveau récipient contient plus d'eau"[27].

Une seule dimension retient alors l'attention. Un peu plus tard, au stade des opérations concrètes, l'enfant saisira sans difficulte que les transvasements ne sauraient faire varier la quantité d'eau.

> "L'enfant dira: "c'est la même eau", "on n'a fait que verser", "on n'a rien enlevé, ni ajouté" (identités simples ou additives); "on peut remettre (B en A) comme c'était avant" (réversibilité par inversion); ou surtout "c'est plus haut, mais c'est plus mince, alors ça fait autant" (compensation ou réversibilité par réciprocité des relations)[28].

---

[26] Idem, p. 58.

[27] Piaget J., Mes idées. Paris, Denoël-Gonthier. Bibliothèque Médiations, 153, 1977.

[28] Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F. p. 77.

Comme le souligne Piaget, l'enfant se rend compte "à la fois des modifications en leurs variations compensées et de l'invariant impliqué par la réversibilité"[29]. Rappelons que dans la terminologie piagétienne, "l'invariant d'un système de transformations" constitue "une notion ou un schème de conservation[30].

- Opérations concrètes et structures d'ensemble*

Les opérations concrètes, par exemple celles qui ont trait à la conservation ou qui consistent à réunir deux classes (les garçonnets + les fillettes = les enfants), ou à additionner deux nombres, sont donc des actions "intériorisables et réversibles", "la réversibilité pouvant consister en inversion (A - A = 0) ou en réciprocité (A correspond à B et réciproquement)[31]. Ces opérations ne sont pas isolées mais se coordonnent en "structures d'ensembles"[32], telles que les classifications, les sériations, la suite des nombres, etc. Elles jouent aussi un rôle dans la structuration de l'espace et du temps et sont liées à l'avènement d'un nouveau type d'explication causale[33]. Se retrouvant chez toutes les personnes ayant le même niveau mental, elles interviennent aussi dans les échanges d'ordre cognitif.

---

29. Piaget J., Inhelder B., La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., p. 77.

30. 31. Idem, p. 76.

32. Idem, p. 79.

33. Idem, pp. 83-89.

* Les pp. 12 à 18 et la page 25 sont extraites de la brochure intitulée Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège. (T.Labonté, MEQ, 1982).

c) La période des opérations formelles

- Brève description des opérations formelles

Au niveau des opérations formelles, dernière phase de la construction dont nous venons de parler, il survient une importante nouveauté. Celle-ci consiste en une "différenciation de la forme et du contenu"[34] qui permet au sujet de "raisonner correctement sur des propositions auxquelles il ne croit pas ou pas encore" c'est-à-dire sur des hypothèses; c'est là "le début de la pensée hypothético-déductive ou formelle[35]. Celle-ci amène la formation d'un ensemble de schèmes opératoires formels tels que les proportions, les opérations combinatoires, "les doubles systèmes de référence, la compréhension d'un équilibre hydrostatique, certaines formes de probabilité, etc"[36]**.

Ces nouvelles capacités se fondent sur l'acquisition de nouvelles structures d'ensemble, à savoir le groupe de quatre transformations (inversion, réciprocité, inversion de la réciprocité ou réciprocation de l'inverse et transformation identique) qui coordonne en un système unique les deux formes de la réversibilité et "la combinatoire propre aux réseaux propositionnels qui se constitue grâce à une généralisation de la classification"[37].

---

[34] 35. Idem, p. 105.

[36] Idem, p. 111.

[37] Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 3.

** Les termes et expressions en cause sont expliqués dans la brochure Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et aux collèges, pp. 12, 13, 14, 93, 94 et 95.

- La formulation des caractéristiques de la pensée formelle

Afin de mieux saisir les caractéristiques de la pensée formelle, il importe de se demander comment Piaget et Inhelder en sont arrivés à formuler la dernière partie de leur théorie. Il faut rappeler ici qu'il y a une trentaine d'années, Inhelder "entreprenait avec ses assistants une étude systématique sur l'induction des lois physiques chez l'enfant et chez l'adolescent" alors que Piaget travaillait à "la rédaction d'une Épistémologie génétique, d'un Traité de logique et d'un Essai sur les transformations des opérations logiques"[38].

Inhelder a mis au point divers ensembles de dispositifs permettant de réaliser son étude expérimentale. L'un d'eux, centré sur la découverte d'invariants physiques concernait, par exemple, la conservation du mouvement dans le plan horizontal et la chute des corps sur un plan incliné. Un autre visait à faire découvrir des systèmes d'actions et de réactions, à savoir l'équilibre de la balance et celui de la presse hydraulique, les vases communiquants et l'équilibre des forces mécaniques sur un plan incliné. Certains dispositifs étaient ordonnés à la découverte "de la méthode de vérification expérimentale qui repose sur les variations et les combinaisons des facteurs en jeu"[39].

Cette étude "a abouti à deux résultats inattendus"[40]. Le stade de développement qui débute vers 11-12 ans se caractérise "par la constitution de certaines méthodes d'induction expérimentale et surtout de vérifications systématiques inconnues de l'enfant"[41].

---

37. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 3.

38. Idem, p. 1.

39. OCDE, Inventaires piagétiens. Les expériences de Piaget. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement. OCDE, 1977, p. 91.

40. 41. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 1.

De plus, ces méthodes se montrent "solidaires", précisent les auteurs, de toute une nouvelle structuration opératoire, fondée sur la logique des propositions et sur une pensée "formelle" distincte de la pensée opératoire "concrète"[42].

Piaget est intervenu dans l'analyse des structures en cause. Il a utilisé non seulement "les algorithmes de la logique des propositions (...) mais encore le groupe des quatre transformations décrit dans le Traité de logique et dans l'Essai sur les transformations des opérations logiques comme nécessaire au fonctionnement des mécanismes de la pensée formelle"[43].

- La combinatoire

En quoi consistent "la combinatoire propre aux réseaux propositionnels" et le "groupe des quatre transformations"? Qu'est-ce qu'une combinatoire? Piaget et Inhelder présentent brièvement ces notions ainsi que les schèmes opératoires formels dans l'ouvrage intitulé La psychologie de l'enfant.

Alors que les opérations concrètes portent "directement sur les objets ou sur leurs réunions (classes), leurs relations ou leur dénombrement" et cheminent "de proche en proche, en fonction de ressemblances graduées", les opérations formelles permettent désormais à l'enfant "de construire n'importe quelles relations et n'importe quelles classes en réunissant 1 à 1 ou 2 à 2, 3 à 3, etc., des éléments quelconques. Cette généralisation des opérations de classification ou des relations d'ordre aboutit à ce qu'on appelle une combinatoire"[44].

---

[42] Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 1.

[43] OCDE, Inventaires piagétiens. Les expériences de Piaget. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement. OCDE, 1977, p. 92.

La combinatoire permet de combiner des objets, des facteurs, des propositions, et par conséquent de raisonner sur la réalité en tenant compte d'un certain nombre ou de l'ensemble des combinaisons possibles[45].

- Le groupe des quatre transformations et la saisie de divers mécanismes

Le groupe des quatre transformations résulte de la combinaison en un seul système, des inversions et des réciprocités[46]. Il conviendrait de recourir ici à l'un des exemples fournis par Piaget. Imaginons un dispositif permettant à un corps mobile de se mouvoir et de s'arrêter, les arrêts survenant au moment où une lampe s'allume. Le sujet fera une première hypothèse, à savoir que la lumière cause les arrêts, "soit $p \supset q$ (lumière implique arrêt)"[47]. Il n'existe qu'un seul moyen de vérifier cette hypothèse: voir si la lampe s'allume sans que le mobile ne s'arrête, "soit $p.\bar{q}$ (opération inverse ou négation de $p \supset q$"[48]. Mais le sujet peut aussi se demander si l'arrêt provoque l'allumage de la lampe, "soit $q \supset p$, qui est cette fois la réciproque et non plus l'inverse de $p \supset q$"[49]. Pour contrôler cette hypothèse, il vérifiera si le mobile s'arrête sans que la lampe ne s'allume "soit $\bar{p}.q$ (inverse de $q \supset p$)"[50]. "Or $\bar{p}.q$ qui est l'inverse de $q \supset p$ est en même temps la corrélative de $p \supset q$, car si toutes les fois qu'il y a allumage, il y a arrêt ($p \supset q$), il peut y avoir en ce cas des arrêts sans allumage"[51]. De même $p.\bar{q}$ est la corrélative de $q \supset p$ et $\bar{p}.q$ est la réciproque de $p.\bar{q}$. Chaque "opération sera dorénavant à la fois l'inverse d'une autre et la réciproque d'une troisième, ce qui donne quatre transformations"[52], à savoir "I (transformation identique), N (inverse), R (réciproque) et C (corrélative), soit, dans le cas de $p \supset q$: $I = p \supset q$; $N = p.\bar{q}$; $R = q \supset p$ et $C = \bar{p}.q$"[53].

---

[44] Piaget Jean, Inhelder Barbel, La psychologie de l'enfant. Paris, P.U.F., 1968, p. 105.

[45] Idem, pp. 105 et 106.

[46] 47. 48. 49. 50. Idem, p. 110.

En poursuivant ce raisonnement on se rend compte que I = NRC (N est la réciproque de C). Il est à noter que Piaget emploie souvent l'expression "groupe INRC" pour désigner le groupe de quaternalité ou des quatre transformations, que l'on retrouve dans plusieurs schèmes opératoires, notamment en ce qui concerne la compréhension de l'équilibre d'un système mécanique.

Recourons ici à un autre exemple. Dans l'une des branches d'une presse hydraulique en forme de U, on "place un piston dont on peut augmenter le poids, ce qui modifie le niveau du liquide dans l'autre branche"[54]; d'autre part, on peut faire varier le poids du liquide en employant soit de l'alcool, soit de l'eau ou de la glycérine; moins le liquide sera dense, plus il montera. Le problème, comme le souligne Piaget, est ici de comprendre que le poids du liquide agit en sens contraire de celui du piston, en tant que réaction opposée à son action"[55]. Or, avant le stade formel, les enfants ne saisissent pas le rôle de la résistance du liquide; le poids de celui-ci" est conçu comme s'ajoutant à celui du piston et comme agissant dans le même sens"[56].

---

[51] Idem, p. 111.

[52] Idem, p. 110.

[53] Idem, p. 111.

[54] Idem, p. 113.

55. 56. Idem, p. 114.

Pour saisir le mécanisme de la presse hydraulique, il faut savoir différencier et coordonner "quatre transformations isomorphes à celles du groupe INRC"[57], à savoir la "transformation directe" (effet du poids du piston et des poids qu'on y ajoute), la "transformation inverse" (si l'on enlève le piston ou le poids qu'il soutient), la "transformation réciproque" (effet de la résistance du liquide), l'"inverse de la réciproque" (si l'on diminue la quantité ou la densité du liquide)[58].

S'il le désire, le lecteur pourra trouver d'autres exemples de schèmes opératoires formels et d'épreuves piagétiennes, dans la brochure intitulée Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège. En bref, il importe de se rappeler que ce qui caractérise la pensée formelle c'est la "logique de propositions", c'està-dire "la capacité de raisonner sur les énoncés, sur des hypothèses et plus seulement sur des objets posés sur la table ou immédiatement représentés"[59]. Cette capacité suppose "le réseau combinatoire et le groupe des quatre transformations (INRC), c'est-à-dire les deux aspects complémentaires d'une nouvelle structure d'ensemble, embrassant la totalité des mécanismes opératoires que nous voyons se constituer à ce niveau"[60].

Il nous semble important de souligner, au terme de ce bref exposé sur les stades piagétiens, que les opérations logiques ne s'élaborent et ne se regroupent en structures d'ensemble "qu'en fonction d'un certain exercice, non pas seulement verbal mais surtout et essentiel-

---

57. Piaget J., Inhelder B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, P.U.F., 1970, p. 286.

58. Idem, pp. 285 et 286.

59. 60. Piaget J., Problèmes de psychologie génétique. Paris, Denoël-Gonthier, Bibliothèque Médiations, 95, 1972, p. 65.

lement lié à l'action sur les objets et à l'expérimentation"[61] et qu'elles supposent "la collaboration et l'échange entre les individus"[62]. Voilà, entre autres, deux points importants à considérer en ce qui concerne l'éducation.

3. Piaget et l'acquisition de concepts: quelques idées fondamentales

Comme notre travail porte principalement sur l'acquisition de notions et de concepts scientifiques, il nous semble nécessaire de revenir sur certaines idées de Piaget, relatives à l'acquisition de concepts.

Dans son ouvrage sur La genèse des structures logiques élémentaires[63] Piaget relie les concepts aux structures dont ils relèvent: les classifications. Piaget insiste en effet sur la nécessité des structures d'ensemble pour l'élaboration de la pensée.

a) Langage, structures conceptuelles et concepts

Piaget admet bien que le langage comporte "des structures de classification ainsi que de sériation". Cependant, "à tous les niveaux, le langage ambiant est assimilé sémantiquement aux structures du sujet, et, s'il contribue à modifier celles-ci, il ne leur en est pas moins subordonné d'abord quant à son interprétation"[64]. En d'autres termes, un jeune enfant peut utiliser le mot "chat" pour désigner son chat sans posséder le concept de chat. Ce mot provient du langage de l'adulte, "qui comprend la classe des chats et l'inclut dans celle des animaux, des êtres vivants"; chez l'enfant le mot chat "peut ne désigner encore qu'un schème imagé à mi-chemin entre l'individuel et le générique"[65].

---

[61] Piaget J., Où va l'éducation?. Paris, Unesco, 1979, p. 89.

[62] Idem, p. 90.

[63] Piaget J., Inhelder B. La genèse des structures logiques élémentaires. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1967, 295 p.

[64] Idem, p. 12.

b) Définition des classes ou concepts

Piaget caractérise les concepts en jeu dans les classifications par leur compréhension et par leur extension telles qu'elles se manifestent dès le palier d'équilibre de 9-10 ans...

> ... Nous dirons qu'on peut parler de classes à partir du moment (...) où le sujet est capable (1) de les définir en compréhension par le genre et la différence spécifique; et (2) de les manipuler en extension selon des relations d'inclusion ou d'appartenance inclusive supposant des quantificateurs intensifs "tous", "quelques", "un" et "aucun"[66].

Pour plus de clarté, Piaget définit chacun des termes de cette définition... Notons seulement qu'il utilise les mots compréhension et extension dans le sens que leur confèrent habituellement les dictionnaires.

c) Liens entre concepts et actions élémentaires

L'ouvrage mentionné ci-dessus s'efforce de retracer la genèse des opérations que constituent selon Piaget les classifications et les sériations; il tente aussi de "dégager les liens que leurs structures peuvent présenter avec les mécanismes sensori-moteurs ou perceptifs correspondants"[67].

---

[65] Idem, p. 12.

[66] Idem, p. 15.

Au cours de ce travail, Piaget a pu constater qu'à l'instar des autres opérations logiques, celles de classification et de sériation "sont reliées par une évolution étonnamment continue, à un certain nombre d'actions élémentaires (mettre en tas, dissocier, aligner, etc.) et ensuite aux régulations de plus en plus complexes qui préparent puis assurent leur intériorisation et leur généralisation"[68].

d) Élément-clé de la coordination de l'extension et de la compréhension

Fondée sur les relations de ressemblance, la compréhension est assurée dès le niveau sensori-moteur "par la perception des qualités communes et l'abstraction élémentaire liée aux finalités pratiques"[69] (choses que l'on peut manger, qui font du bruit lorsqu'on les agite, etc.).

L'extension, cependant, ne sera acquise que grâce à "un symbolisme précis et encore à la condition de subordonner les signes verbaux à un système de quantifications bien réglées"[70]. Selon Piaget, le problème majeur du développement des classifications est celui de la "coordination progressive de l'extension et de la compréhension"[71]. A partir d'entrevues avec des enfants utilisant un

---

67. Idem, p. 282.

68. Idem, p. 290.

69. Idem, p. 282.

70. 71. Idem, p. 283.

matériel varié (petites images représentant des fruits, des fleurs, des poissons, des oiseaux), l'auteur a étudié la genèse de cette coordination. L'élément-clé semble en être "un va-et-vient remontant aux situations antérieures et mordant déjà sur des situations ultérieures"[72]. Cette façon de procéder engage l'enfant en "deux sortes de constructions caractérisées par deux méthodes"[73] allant en sens contraire:

> ... "ou bien, il procède par petites collections, ayant pour critères des qualités communes limitées, et les réunit ensuite en collections plus grandes (méthode ascendante) ou bien il débute par de grands assemblages ayant pour critère des qualités communes plus générales et il les subdivise ensuite en petites collections (méthode descendante, par subdivisions quelconques ou par dichotomies)"[74].

e) La forme d'équilibre des classifications

La forme d'équilibre des classifications sera marquée par la coordination des processus ascendants et descendants:

> ... "En présence d'un matériel déterminé à classer, le sujet pourra anticiper les étapes d'un classement complet mais anticiper également le déroulement de ces étapes en sens inverse, autrement dit (...) il pourra simultanément anticiper les réunions et les dissociations possibles"...[75]

Quel est le meilleur critère d'un tel achèvement? Celui de la quantification de l'inclusion. Un chapitre de La genèse des structures logiques élémentaires étudie cette question. Piaget note que

---

72. 73. 74. Idem, p. 286.

75. Idem, p. 287.

"presque toutes les structures étudiées dans cet ouvrage sont achevées au niveau des opérations concrètes" et"ne recouvrent nullement toute la logique des classes et des relations"... Il a vérifié cependant que "la transformation $(A < B) \rightarrow [(\text{non } A) > (\text{non } B)]$"[76] n'est pas acquise au niveau des opérations concrètes. Autrement dit, si A correspond à la classe des canards et B à celle des oiseaux, les élèves n'ayant pas dépassé ce niveau ne saisiront pas que le nombre des animaux qui ne sont pas des canards est plus grand que celui des animaux qui ne sont pas des oiseaux.

f) Concepts et notions

Si l'on peut considérer concept et notion comme synonymes, on peut aussi prêter à ce mot un autre sens, celui par exemple de "connaissance élémentaire", comme en fait foi notamment le Petit Robert[77]. Il semble bien que Piaget utilise le mot notion dans ce dernier sens, au moins très souvent. Il parlera ainsi de l'acquisition de la notion de conservation vers 6-7 ans et de celle de proportion au niveau des opérations formelles. Évidemment l'acquisition de ces notions est tributaire d'opérations comme on l'a vu précédemment et pourra déboucher sur une conceptualisation stricte. Ainsi la notion de conservation pourra comme on l'a vu être considérée comme "l'invariant d'un système de transformation" (voir p. 128).

Du point de vue didactique, il importe de bien préciser ce que signifie l'acquisition d'une notion ou d'un concept, et de définir comment les élèves peuvent les assimiler. Cette question sera abordée à diverses reprises lorsque l'on traitera des applications pédagogiques des diverses théories.

---

[76] Idem, p. 289.

[77] Robert Paul, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française. Paris, Le Robert, 1981, p. 1282.

II - Quelques applications de la théorie de Piaget à l'enseignement des sciences

Les applications de la théorie de Piaget à l'enseignement des sciences sont nombreuses et variées. Après un bref examen des applications dégagées par Piaget lui-même, nous nous arrêterons, à titre d'exemples, à quelques utilisations de cette théorie en ce qui concerne notamment l'acquisition des concepts.

Il nous semble nécessaire de rappeler la contribution de Hans Aebli, qui fut sans doute le premier auteur à écrire un ouvrage sur les applications à la didactique de la psychologie de Jean Piaget[78]. Aebli consacre quelques pages à l'enseignement des sciences naturelles. Un auteur américain, Renner, (souligne l'importance d'établir une adéquation entre niveau de raisonnement et concepts à acquérir. D'autres auteurs ont précisé les concepts accessibles à chaque stade ou les formes de raisonnement requis le plus souvent pour comprendre la physique.

1. Implications dégagées par Piaget lui-même

Quelles sont les implications de la théorie de Piaget en ce qui concerne l'enseignement des sciences? Piaget lui-même répond à cette question dans un article intitulé *Fondements scientifiques pour l'éducation de demain*, publié en 1973[79].

---

[78] Aebli Hans, *Didactique psychologique*. *Application à la didactique de la psychologie de Jean Piaget*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1951, 163 pages.

[79] Piaget J., Fondements scientifiques pour l'éducation de demain. *Éducation et développement*, no. 82, janvier 1973, pp. 6 à 22.

a) Acquisition de notions qualitatives de base et recours aux méthodes actives

Selon le psychologue genevois, les "notions qualitatives de base (...) constituent ou devraient constituer la substructure de tout enseignement scientifique élémentaire"[80]. Il serait nécessaire de réformer cet enseignement assez profondément, afin de multiplier les vocations scientifiques dont la société a besoin actuellement. Pour ce faire, il faut remplir certaines conditions dont la première est de recourir aux méthodes actives "en faisant une part essentielle à la recherche spontanée de l'enfant ou de l'adolescent"[81] et en "exigeant que toute vérité à acquérir soit réinventée par l'élève ou tout au moins reconstruite et non pas simplement transmise"[82].

b) Formation à l'expérimentation

Piaget reproche aux écoles traditionnelles "d'avoir négligé presque systématiquement la formation des élèves à l'expérimentation"[83]. Des expériences faites par le maître devant les élèves, ou celles qu'on leur dicte ne peuvent les initier à la démarche scientifique et leur faire connaître ses règles générales, telles que "la variation d'un facteur en neutralisant les autres (toutes choses égales d'ailleurs), ou la dissociation des fluctuations fortuites et des variations régulières"[84]. Il convient, dans l'avenir, de faire une part de plus en plus grande" à l'activité et aux tâtonnements des élèves ainsi qu'à la spontanéité des recherches dans la manipulation de dispositifs destinés à prouver ou à infirmer les hypothèses qu'ils auront pu faire d'eux-mêmes pour l'explication de tel ou tel phénomène élémentaire[85].

---

80. Idem, p. 11.

81. 82. Idem, pp. 11 et 22.

83. 84. 85. Idem, p. 13.

2. Aebli et la didactique psychologique

a) La nature de l'acte d'intelligence précisée par Piaget

Dans la préface de *La Didactique psychologique* de Hans Aebli, Piaget précise la nature de l'acte d'intelligence et des opérations:

> ... tout acte d'intelligence implique un jeu d'opérations et (...) ces opérations ne parviennent à fonctionner véritablement (...) que dans la mesure où elles ont été préparées par des actions proprement dites; les opérations ne sont pas autre chose, en effet, que le produit de l'intériorisation et de la coordination des actions, de telle sorte que sans activité, il ne saurait y avoir d'intelligence authentique"[86].

b) La didactique traditionnelle des écoles suisses

Au début de son ouvrage, Aebli se livre à un examen de la psychologie "sensualiste-empiriste" de la didactique traditionnelle des écoles suisses. Cette psychologie n'attribue au sujet qu'un rôle minime et "trouve l'origine de toutes les idées dans l'expérience sensible"[87]. La didactique traditionnelle prône une démarche qui va du concret à l'abstrait, du particulier au général. "Les leçons intuitives, écrit Aebli, sont toutes conçues en vue de créer successivement un processus d'impression sensible et d'abstraction"[88].

Aebli reconnaît que "l'enseignement intuitif, tel qu'il a été proposé par Coménius, Rousseau, Pestalozzi et d'autres encore, a constitué un progrès immense sur l'enseignement verbaliste du Moyen Age et de la Renaissance"[89]. Sa valeur provient du fait qu'il recourt à des données intuitives (images, objets, modèles) et remplit ainsi "l'une des conditions indispensables à l'acquisition de la plupart des notions et opérations"[90]. Les limites sont liées à la façon d'utiliser les données intuitives.

---

[86] Piaget Jean, Préface in Aebli Hans, *Didactique psychologique*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1951, p. V et VI.

[87] Aebli Hans, *Didactique psychologique*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1951, p. 7.

[88] Idem, p. 8.

Même s'il dépasse généralement les postulats de la psychologie sensualiste-empiriste et propose des activités relatives aux objets et aux illustrations (par exemple compter, superposer, ordonner, dans l'enseignement des fractions), on reconnaîtra "facilement que tout le succès de l'enseignement dépend de la forme donnée à l'exécution de ces opérations"[91]. Or les objets sont présentés en général grâce à des démonstrations devant la classe, et les opérations sont exécutées par le maître ou tout au plus par un élève. Au mieux, les autres peuvent suivre intérieurement les démonstrations s'ils sont suffisamment motivés; on passe ensuite aux symboles mathématiques et aux formules verbales. On agit comme si l'on pouvait "donner" les démonstrations à l'enfant ou lui faire prendre une copie de l'explication[92].

D'autres faits corroborent cette thèse. Des phénomènes physiques, biologiques ou historiques sont toujours "exprimés par les mêmes formules verbales et toujours accompagnés des mêmes illustrations ou exemples; les triangles isocèles sont toujours dessinés dans la même position (base horizontale) et les problèmes de proportionnalité toujours expliqués par le même raisonnement"[93]. On procède ainsi parce qu'on voudrait imprimer dans l'esprit de l'enfant un tableau d'ordre intellectuel qui serait d'autant plus stable qu'il aurait été présenté souvent de la même façon.

---

89. 90. 91. Idem, p. 10.

92. 93. Idem, p. 11.

Enfin, ce serait en accord avec les postulats de la psychologie empiriste que l'on isole les notions qui risqueraient d'être confondues par l'enfant. En isolant ce qui devrait être mis en relation, on "empêche l'enfant de comprendre" et on "l'oblige à recourir à la mémorisation de formules verbales"[94].

c) Aebli et la didactique de l'école active

Afin de pouvoir confronter sa position à celle des tenants de l'école active, Aebli a retenu parmi ces derniers, quatre pédagogues ayant exposé la psychologie sous-jacente à leur pédagogie. Il s'agit de Lay, Dewey, Claparède et Kerschensteiner.

Il serait trop long de suivre Aebli dans le détail de son analyse des grandes idées de chacun de ces auteurs. Cette analyse montre que l'école active ne s'est dégagée que par degrés de la didactique traditionnelle.

> "Lay, en effet, n'a pas réussi à dépasser définitivement les conceptions de la psychologie et didactique sensualiste-empiriste: il leur a simplement ajouté certains éléments plus actifs. Dewey et Claparède, par contre, ont clairement reconnu la fonction active de la pensée au service de l'action; mais dans l'interprétation de la nature intrinsèque de la pensée, ils sont restés tributaires de la psychologie associationniste. Kerschensteiner, enfin, s'est détaché définitivement de cette psychologie et a décrit avec pénétration la construction des notions par l'école; malheureusement, il a cherché les forces régulatrices de cette activité dans des principes de discipline étrangers au contenu de l'activité elle-même, conception que nous ne saurions accepter"[95].

---

94. Idem, p. 12.

95. Idem, pp. 14 et 15.

Aebli reproche notamment à Kerschensteiner de séparer trop radicalement branches théoriques et activités pratiques. Les opérations mentales, on le sait, peuvent être considérées selon Piaget, "comme des formes intériorisées des opérations concrètes"[96].

d) Aebli et la didactique générale s'inspirant de Piaget

- Formation de la pensée et formulation de problèmes

C'est avec un grand soin qu'Aebli définit les rapports entre la psychologie sensualiste-empiriste et la psychologie piagétienne; il y consacre même quelques chapitres. Aebli compare son interprétation de l'image mentale et de l'opération à divers concepts de la psychologie traditionnelle. Il décrit le rôle de la recherche dans la construction de l'opération et donne un aperçu de la "théorie de l'assimilation qui résume en quelque sorte toute la psychologie de Jean Piaget"[97].

Dans la partie didactique de l'ouvrage d'Aebli, les chapitres sur "la construction des opérations par la recherche de l'élève" et sur "le problème comme projet d'action" sont d'une importance primordiale[98].

En voici quelques points essentiels:

1 "Penser, c'est opérer"... "Partout, ce sont les opérations qui définissent les notions"[99]...

---

[96] Idem, p. 35.

[97] Idem, p. 40.

[98] Idem, pp. 73 à 85.

[99] Idem, p. 73.

2 "Tout acte intellectuel est construit progressivement à partir de réactions antérieures et plus primitives"... "Les opérations se différencient peu à peu à partir de schèmes d'action élémentaires pour former des systèmes toujours plus complexes et plus mobiles, capables de saisir finalement l'univers entier"[100].

3 "La tâche du maître consiste alors à créer des situations psychologiques telles que l'enfant puisse construire les opérations qu'il doit acquérir"[101] et ce "au cours d'une recherche personnelle"[102].

4 Le premier problème didactique (...) sera par conséquent de préciser comment la recherche de l'enfant peut être provoquée, puis orientée vers son but[103].

5 Si "l'enfant doit être amené à établir les rapports principaux qui régissent un complexe d'opérations et à y insérer les opérations partielles" il faudra donner à la recherche, dès le départ, un cadre qui "oriente son organisation d'ensemble"[104].

6 Ce cadre directeur ne peut être constitué que par un "problème bien vivant dans la pensée de l'enfant", autrement dit "une esquisse schématique d'une opération a trouver"[105].

7 "Poser un problème de façon claire et vivante est ainsi la condition sine qua non de la recherche personnelle de l'élève"[106].

---

100. 101. Idem, pp. 74.

102. 103. Idem, p. 76.

104. 105. Idem, p. 77.

106. Idem, p. 79.

Aebli résume ainsi de façon lapidaire sa pensée

> "Qui dit formation de la pensée dit formation d'opérations, et qui dit formation d'opérations, dit construction d'opérations. La construction des opérations se fait au cours de la recherche, et toute recherche part d'un problème"[107].

- Le problème, "projet d'action pratique", éventuellement fictif

Une didactique qui se propose d'amener les élèves à trouver eux-mêmes de nouvelles notions et opérations peut se heurter à divers écueils. Si, par exemple, les problèmes posés font appel à des schèmes que l'élève manie difficilement, on n'obtiendra pas les résultats attendus... Comment peut-on simplifier le travail de l'élève?

Pour répondre à cette question, Aebli recourt de nouveau à Piaget. Si la pensée repose sur l'intériorisation d'opérations il faut donner à l'élève l'occasion d'agir concrètement. Ainsi, un projet sera toujours "un projet d'action réalisable par des manipulations effectives"[108].

Le problème sera posé "sous une forme pratique, c'est-à-dire se rapportant à la satisfaction des besoins vitaux et récréatifs de l'homme". Par exemple, "pour amener les élèves à découvrir le nombre π", on leur demandera "de prévoir la longueur de la bande de fer nécessaire pour cercler une roue de diamètre donné"[109].

Cette façon de formuler les problèmes permet d'éviter des énoncés abstraits, plus difficile à saisir et l'emploi prématuré de symboles spéciaux. Elle établit des liens entre l'opération à acquérir et ses applications dans la vie de tous les jours. "De ce fait, l'enfant

---

107. Idem, p. 80.

108. 109. Idem, p. 82.

voit la part qu'il peut en tirer, et l'intérêt que suscitent chez lui les choses de la vie pratique est transféré sur le problème scolaire"[110].

Aebli distingue deux types d'action pratique: l'action "réelle" (travaux de jardinage, de menuiserie) et l'action "fictive" lorsqu'il n'est pas possible d'effectuer concrètement les opérations. Par exemple, en ce qui concerne le calcul des surfaces, on devra peut-être se contenter "de donner aux élèves le plan d'un certain nombre de champs et de leur poser un problème pratique fictif entraînant des comparaisons et mesures de surfaces". L'expérience a montré que des problèmes fictifs peuvent intéresser vivement l'élève "à condition que l'organisation didactique lui offre la possibilité d'en trouver la solution par des essais concrets"[111].

- Le déroulement d'une unité didactique centrée sur la recherche personnelle des élèves

Une unité didactique devrait donc s'enraciner dans un problème d'action pratique. On discute en commun du problème jusqu'à ce que les élèves le saisissent clairement. Débute ensuite la recherche qui peut prendre la forme soit d'une discussion commune, soit d'un travail en équipes, soit d'un travail individuel.

Dans les deux derniers cas, le problème sera posé avec beaucoup plus de soin; des indications écrites sont données aux élèves travaillant en groupes ou individuellement. Les résultats de la recherche "doivent toujours être rapportés par les équipes et les travailleurs individuels, et c'est alors que le maître a l'occasion d'intervenir en corrigeant les données trouvées et en les complétant"[112].

---

[110] Idem, p. 83.
[111] Idem, p. 84.
[112] Idem, p. 85.

Il importe de retenir, que selon Aebli, l'art du maître consiste à faire naître, dans "un contexte d'actions réelles" ou fictives "des problèmes nécessitant l'acquisition de notions et opérations théoriques"[113]. Bien qu'il puisse comporter une certaine dose de spontanéité, cet art ne saurait exister sans une préparation et une organisation adéquates.

e) Aebli et la didactique des sciences naturelles

Les principes didactiques qu'Aebli dégagent de la psychologie de l'opération s'appliquent "mutatis mutandis", selon cet auteur, à tous les domaines de l'enseignement"[114].

En ce qui concerne les sciences naturelles, Aebli se demande s'il existe "un élément jouant le même rôle central que l'opération dans les mathématiques". Il devrait s'agir d'éléments dynamiques pouvant être définis très généralement comme "des processus d'ordre causal" et non pas "les images des objets, les tableaux intuitifs de leurs états statiques"[115].

Dans l'explication, le phénomène en cause est assimilé à un système opératoire. Autrement dit, le sujet confère aux choses des opérations semblables aux siennes.

> ... Il établit par exemple une correspondance entre deux transformations qui varient en concomitance (expliquer la dilatation d'un corps par l'augmentation de sa température); il interprète la transformation d'un objet par une modification au sein de ses éléments (interpréter la même dilatation par un agrandissement des espaces intermoléculaires); ou enfin il exprime l'un ou l'autre des deux types d'explication par une équation mathématique (c'est-à-dire encore par des opérations). La loi de Gay-Lussac établit ainsi la relation quantitative entre l'augmentation du volume d'un gaz idéal et celle de sa température[116].

---

113. Idem, pp. 83.

114. 115. Idem, p. 86.

116. Idem, p. 87.

Si le schème explicateur est une opération mentale et doit être découvert par l'élève, "on doit exiger qu'en sciences naturelles, les découvertes soient faites dans la mesure du possible, par l'élève au cours d'une expérimentation personnelle"[117]. Cependant, parce que leurs résultats ne sont pas exacts, beaucoup d'expériences ne permettent pas d'induire une loi. Toutes les découvertes ne peuvent donc être faites par expérimentation individuelle[118].

Comme on l'a déjà vu, toute recherche doit être sous-tendue cependant par un problème posé très clairement. Comment peut-on amener les élèves à se poser des problèmes en sciences naturelles? En leur présentant des données dont "l'explication nécessite la recherche du processus en question...

> ... Pour introduire la loi des leviers, le maître montre qu'avec un levier à deux bras, un même poids peut être équilibré par deux poids tout à fait différents, suivant l'endroit où on les fixe. Les élèves se posent alors eux-mêmes le problème de savoir quelle est la loi inhérente à ce phénomène, et dans leurs expériences personnelles, ils peuvent ensuite induire la loi de la constance des moments du levier équilibré"[119].

Il convient, nous semble-t-il, d'ajouter quelques lignes sur l'intériorisation des opérations, notamment des processus d'ordre causal. En quoi consiste l'intériorisation? A transformer les mouvements du sujet et les modifications des objets en représentations, c'est-à-dire en images mentales, opérations de pensées ou anticipations d'actions concrètes, etc.

Quels moyens peuvent favoriser l'intériorisation? Aebli propose un passage progressif de l'action à l'intériorisation. Il suggère que l'exécution effective de l'action soit suivie d'une représentation graphique.

---

117. 118. Idem, p. 87.

119. Idem, p. 88.

La représentation graphique s'appuie encore sur des données intuitives. Afin d'amener les élèves à se dégager de celles-ci, Aebli leur demande de reconstituer intérieurement l'opération en s'appuyant sur "la perception de son résultat concret" puis de l'anticiper en pensée"[120] devant des données intuitives traduisant le problème posé. Finalement, les élèves exécuteront l'opération en "l'absence de tout appui intuitif, c'est-à-dire sur le plan de la seule représentation"[121].

On applique le plus souvent ce processus d'intériorisation dans l'enseignement des mathématiques. Cependant, "des procédés didactiques analogues peuvent être employés avec profit" dans l'étude "des processus d'ordre causal d'une certaine complexité..."

> ..."Lorsqu'on étudiera par exemple l'érosion fluviale, on commencera par imiter concrètement ce processus dans la caisse à sable, puis, l'expérience achevée, les élèves la repenseront en s'appuyant encore sur son résultat concret, et finalement, ils la décriront sans aucun appui intuitif (...) Outre l'enseignement de l'arithmétique, c'est ainsi celui des sciences naturelles qui appliquera le plus souvent les procédés que nous avons décrits.[122].

Fait important à signaler, l'ouvrage d'Aebli comporte une partie expérimentale. L'auteur y rapporte une expérience ayant trait à l'enseignement des mathématiques, plus précisément au calcul du périmètre et de la surface du rectangle[123]. Les leçons conçues dans le cadre de cette expérience comportent diverses applications touchant le travail de certains groupes d'ouvriers. Nous ne nous y attarderons pas cependant, notre étude étant centrée sur l'acquisition des concepts scientifiques, auxquels nous revenons en abordant la question des formes de raisonnement requises dans l'étude des sciences.

---

120. 121. Idem, p. 105.

122. Idem, p. 106.

123. Idem, pp. 107 à 153.

3. Formes de raisonnement et compréhension des sciences

Divers auteurs, soucieux d'établir une adéquation entre les capacités des élèves et le contenu des disciplines scientifiques, ont tenté d'en analyser au moins en partie le contenu en fonction des mécanismes de pensée décrits par Piaget, ou encore de préciser les possibilités de raisonnement des élèves en regard de leur niveau de développement. A titre d'exemples, nous signalerons brièvement certaines contributions de Renner, de Collea, de Prosser et du Guide de l'Unesco pour l'enseignement des sciences.

a) Renner et la distinction de concepts concrets et de concepts formels

Chacun des stades, souligne Renner, est caractérisé par une forme de pensée spécifique; la possibilité de saisir tel ou tel concept varie en fonction des stades.

L'auteur distingue des concepts concrets et des concepts formels. Un concept concret peut être acquis à partir de l'expérience (par exemple l'idée que les plantes ont besoin d'eau), alors que la formation d'un concept formel nécessite des structures hypothético-déductives. Ainsi, les notions de photosynthèse, de structure atomique et de proportionnalité sont de type formel.

Certains concepts seraient en soi de type concret ou de type formel, alors que le degré de difficulté de certains autres peut varier en fonction de la façon de les enseigner. Par exemple, apprendre à lire la température relève des opérations concrètes alors que relier la température à la vitesse moléculaire se situe au niveau des opérations formelles.

---

124. Renner, J.W., Philips D.G., Piaget's Developmental Model: A Basic for Research in Science Education. School Science and Mathematic, vol. LXXX, number 3, whole 701, March 1980, pp. 193-198..

Bref, dans l'établissement des programmes de sciences, on doit tenir compte, selon Renner, du niveau de raisonnement que nécessite l'acquisition de tel ou tel concept et la théorie de Piaget pourrait être utilisée comme schème de référence dans la sélection et l'évaluation du contenu.

b) Collea et les formes de raisonnement requis pour comprendre les sciences

Dans un travail intitulé Workshop on Physics Teaching and the Development of Reasoning[125], Collea et ses collaborateurs distinguaient les formes de raisonnement concret et de raisonnement formel les plus fréquemment requises pour saisir les concepts relatifs à la physique. Voici l'énumération en cause:

Raisonnements concrets:

C1: Saisir les concepts définis par référence à des actions familières et à des exemples.

C2: Utiliser le raisonnement sous-jacent à la notion de conservation.

C3: Établir des correspondances terme à terme et organiser des données de façon à obtenir des séquences croissantes et décroissantes.

C4: Établir des classifications simples et savoir relier des systèmes à des sous-systèmes et des classes à des sous-classes.

---

[125] Collea, F.P., et al, Workshop on Physics Teaching and the Development of reasoning. Stony Brook, NY: American Association of Physics Teachers, 1975.

Raisonnements formels:

F1: Saisir les concepts définis par référence à d'autres concepts, ou à des relations abstraites telles que des limites mathématiques.

F2: Imaginer toutes les combinaisons possibles de facteurs, même si elles ne peuvent se retrouver dans le réel.

F3: Utiliser des théories ou des modèles.

F4: Reconnaître et utiliser des relations fonctionnelles telles que les proportionnalités directes et inverses[126].

c) Prosser: Problèmes exigeant des raisonnements de divers types

S'inspirant des travaux de Collea, Prosser donnait, dans le cadre d'une autre recherche[127], des exemples de problèmes exigeant soit un raisonnement de type concret, soit un raisonnement de type formel.

- Problème exigeant un raisonnement de type concret

L'accélération d'un corps peut se définir comme suit: $a = (v2-v1)/t$

---

[126] Idem, p. 9.

[127] Prosser, M., Relationship between the Cognitive Abilities of a Group of Tertiary Physics Student and the Cognitive Requirements of their Text book. Science Education, 67, 1, 1983, pp. 75-83.

v1 étant la vitesse initiale, v2 la vitesse finale et "t" le temps requis pour que s'effectue le changement de vitesse observé entre v1 et v2. Un trolley a une vitesse initiale v1 de 5m/s et une vitesse finale, v2 de 25m/s. Si le temps requis pour le changement de vitesse est de 4 secondes, l'accélération du trolley est de

(A) $(25 - 5) \times 4 m/s^2$

(B) $\frac{25 \times 5}{4} m/s^2$

(C) $\frac{25 - 5}{4} m/s^2$

(D) $(25 + 5) \times 4 m/s^2$

(E) $25 - 5 m/s^2$

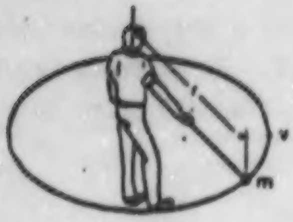
Cet item exige que l'élève établisse une correspondance terme à terme (c'est-à-dire un raisonnement concret de forme C1) dans le cadre d'un problème faisant intervenir le concept de vitesse considéré comme la mesure de la rapidité avec laquelle un objet se déplace. Aucun raisonnement de type formel n'est requis pour résoudre ce problème[128].

- Problème exigeant un raisonnement de type formel

Vous avez sans doute remarqué que si vous balancez une masse au bout d'une corde, dans un plan horizontal, cette masse exerce une traction (ou une force) sur votre main.

---

[128] Idem, p. 76.



On peut démontrer que cette traction correspond à la formule suivante: $F = mv^2/r$ dans laquelle F est la traction ou la force, v la vitesse de la masse, m la masse, et r, la longueur de la corde. En fonction de cette formule, lequel des énoncés suivants est toujours vrai?

(A) La force décroît si la masse et la vitesse augmentent et si le rayon décroît.

(B) La force s'accroît si la masse décroît et si le rayon s'accroît.

(C) La force s'accroît si le rayon s'accroît.

(D) La force décroît si la vitesse s'accroît et si le rayon décroît.

(E) La force s'accroît si la masse et la vitesse s'accroissent et si le rayon décroît[129].

d) Le Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences

Le Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences[130], publié en 1981, se réfère largement à Piaget. Il résume sa théorie, présente des exemples d'épreuves piagétiennes ainsi que des énumérations relatives aux concepts et aux relations que l'élève peut maîtriser à tel stade ou sous-stade. Les deux listes qui suivent en donnent quelques exemples.

---

[129] Idem, p. 76.

[130] Unesco, Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences. Paris, Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture, 1981, 217 p.

- Concepts que l'élève peut saisir et utiliser

Stade concret:

2A:	L'élève "peut comprendre une explication se référant aux aspects de l'activité directement observée".	v.g. il "se rend compte que le feu a fait fondre la cire".
2B:	Il "peut comprendre le concept de "cause" en tant que facteur plus fondamental que les phénomènes observés".	v.g. il "se rend compte que la chaleur du feu a fait fondre la cire. D'autres sources de chaleur connues peuvent avoir le même effet". Il pourrait "comprendre le concept d'énergie dans sa forme élémentaire".

Stade formel:

3A:	L'élève "peut comprendre les applications qualitatives d'un "modèle" ou d'une théorie générale pour expliquer une situation concrète (les modèles simples peuvent être compris d'une manière plus intuitive dès le stade II B)" Il "peut faire des déductions simples à partir du modèle si son emploi est expliqué"[131].	v.g. il "expliquerait que la fusion est possible parce les particules ont suffisamment d'énergie pour éviter la disposition régulière d'un solide. L'énergie est fournie par le feu".

---

131. Idem, p. 72.

- Relations de cause à l'effet que l'élève peut établir

Stade concret

2A:	"L'élève trouve le rapport entre la cause et l'effet tant qu'un seul facteur varie".	v.g.	il "sait répondre à des question comme: "Que se passera-t-il si...?" ou "Comment pouvez-vous provoquer...?" Il "ne modifiera pas un facteur systématiquement".
2B:	Il "peut établir l'ordre et la correspondance entre l'action (ou la cause) et le résultat. Cette aptitude peut survenir plus tôt si les différences sont faciles à constater. La correspondance directe est plus facile que la correspondance inverse ou la non-correspondance" Il "peut classer de diverses manières les choses animées et inanimées".	v.g.	l'élève "se rend compte que pour réaliser l'équilibre, il faut placer des poids plus lourds plus près de l'axe". Il déplace les poids inégaux pour obtenir l'équilibre mais sans calculer les distances nécessaires.

Stade formel

3A:	L'élève "établit les rapports quantitativement en faisant intervenir les proportions". Il "peut déduire les rapports si diverses variables ont été dissociées".	v.g.	Il "peut calculer les distances requises pour que des poids inégaux s'équilibrent"[132].

Le Guide de l'Unesco fournit aussi des conseils relatifs à l'utilisation des tests de Piaget à des fins de diagnostic. Il recommande notamment de présenter chaque test "comme un jeu ou un nouveau sujet de discussion"[133] afin d'éviter de susciter de la tension chez l'élève.

---

132. Idem, pp. 69 et 70.

133. Idem, p. 59.

c) Conclusion

Les pages qui précèdent, il importe de le souligner, ne donnent qu'un faible aperçu de l'utilisation de la théorie de Piaget dans l'enseignement des sciences. Pour de plus amples développements, le lecteur pourra, s'il le désire, consulter sur micro-fiches l'ouvrage intitulé Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège, déjà publié en 1983[134] par le Ministère de l'Éducation. Il y trouvera une bibliographie importante ainsi qu'une comparaison de certains aspects de la théorie de Piaget et de celle d'Ausubel, que nous aborderons maintenant.

---

[134] Labonté Thérèse, Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège. Direction de la recherche, Secteur de la planification, MEQ, 1983, 106 p. (Pour micro-fiches, voir EDUQ #8370813, Eduq 6, p. 232).

8. Ausubel et Novak

En 1968, Ausubel publiait un ouvrage intitulé Educational Psychology[1] - A Cognitive View dans lequel il exposait sa théorie du développement et de l'apprentissage. Une seconde édition de cet ouvrage paraissait en 1978[2]; Ausubel, Hanesian et Novak en étaient les co-auteurs. En 1977, ce dernier présentait dans A Theory of Education[3] ses propres vues sur l'éducation et développait certains aspects de la théorie d'Ausubel. Les quelques lignes qui suivent s'inspireront de l'un ou l'autre des ouvrages qui viennent d'être mentionnés.

I - Bref aperçu de la théorie d'Ausubel et de Novak sur le développement intellectuel

Pour Ausubel et Novak, le développement intellectuel consiste surtout dans la construction de hiérarchies conceptuelles spécifiques à chaque stade. Celles-ci s'élaboreraient de la même façon chez un grand nombre d'enfants à cause de la similitude de leur expérience[4].

Les stades du développement que distingue Ausubel se caractérisent par la capacité d'acquérir et d'utiliser tel ou tel type de concepts. Les appellations de ces stades ressemblent à celles qu'utilise Piaget.

---

[1] Ausubel D.P., Educational Psychology - A Cognitive View. New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., first edition, 1968, 685 pages.

[2] Ausubel D.P., Novak J.D., Hansian H., Educational Psychology - A Cognitive View, second edition, New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, 733 p.

[3] Novak J.D., A Theory of Education. Ithaca and London, Cornell University Press, 1977, 295 pages.

[4] Idem, p. 122.

1. Les stades

a) Le stade pré-opératoire

Au stade pré-opératoire, le jeune enfant tirera de ses contacts avec son milieu des concepts primaires. Ceux-ci seront acquis par abstraction, à partir de l'expérience concrète. Ainsi l'enfant pourra-t-il, en observant le travail d'un fermier, d'une ménagère, d'une infirmière, dégager les notions d'activité, de nécessité, d'utilité, attributs du concept de travail.

Il pourra aussi utiliser, pour résoudre des problèmes, les concepts primaires et leurs interrelations[5].

b) Le stade opératoire concret

Au stade opératoire concret, l'élève devient capable d'acquérir des concepts à partir de la définition de leurs attributs, mais à condition qu'il possède les concepts primaires qui s'y rattachent[6]. Par exemple, il pourra maîtriser le concept secondaire de mammifère, c'est-à-dire saisir que les mammifères sont des animaux à fourrure, munis de glandes mammaires, et distinguer les mammifères des non mammifères. Cela suppose cependant que certains concepts primaires lui soient familiers, par exemple ceux de chien, de chat, etc.

c) Le stade des opérations logiques abstraites

L'élève devient de plus en plus indépendant des données concrètes dans la maîtrise des relations abstraites. Il pourra bientôt

---

5. 6. Ausubel D.P., Novak J.D., Hanesian H., Educational Psychology - A Cognitive View. Second edition, New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, pp. 232 à 237.

7. Novak J.D., A Theory of Education. Ithaca and London, Cornell University Press, 1977, p. 121.

saisir de prime abord le sens de propositions abstraites, considérer l'ensemble des hypothèses possibles et résoudre des problèmes abstraits sans se référer à la réalité concrète et immédiate[8].

d) Schéma récapitulatif

Voici, à titre d'aide-mémoire, un schéma reprenant certains éléments mentionnés ci-dessus

TABLEAU 1: Schéma récapitulatif
Théorie du développement intellectuel
d'après
Ausubel et Novak

Stade pré-opératoire:	Concepts primaires acquis par abstraction à partir de l'expérience du réel concret
Stade opératoire concret:	Concepts secondaires acquis à partir de la définition de leurs attributs. L'élève doit maîtriser les concepts primaires qui se rattachent à ces concepts. Sinon, il aura besoin des données concrètes.
Stade des opérations logiques abstraites:	Propositions abstraites saisies de prime abord. Élaboration d'ensemble d'hypothèses et solution de problèmes abstraits.
Exemple de problèmes abstraits:	L'élève peut comprendre qu'une voiture qui va deux fois plus vite qu'une autre ne prendra que la moitié du temps requis par celle-ci pour arriver à destination[9].

---

[8] Ausubel D.P., Novak J.D., Hanesian H., Educational Psychology - A Cognitive View. Second edition, New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, p. 236.

[9] Novak J.D., A Theory of Education. Ithaca and London, Cornell University Press, 1977, p. 122.

2. Quelques précisions sur la théorie de l'apprentissage

a) Apprentissages réceptifs et apprentissages orientés vers une découverte; apprentissages mécaniques et signifiants

Ausubel et Novak établissent diverses distinctions entre les apprentissages. Par exemple, ceux-ci seront soit mécaniques ou signifiants, soit réceptifs, soit orientés vers une découverte. Mécaniques ou signifiants, les apprentissages peuvent être soit réceptifs, soit orientés vers une découverte ("discovery learning").

Dans l'apprentissage orienté vers une découverte, le contenu doit être découvert et organisé par l'élève; son acquisition est laissée aux soins de l'élève lui-même. Par contre, dans l'apprentissage réceptif, le contenu en entier est présenté à l'élève sous une forme finale.

L'apprentissage réceptif sera mécanique si le contenu n'est pas signifiant en puissance ou s'il ne le devient pas signifiant au cours du processus d'intériorisation. Cette forme d'apprentissage sera signifiante si le contenu est signifiant en puissance et si l'élève en saisit le sens au cours du processus d'intériorisation[10].

Il importe de noter, soulignent les auteurs, que les apprentissages réceptifs et les apprentissages orientés vers une découverte diffèrent en fonction du rôle qu'ils jouent dans le développement et le fonctionnement intellectuel. En grande partie, les problèmes quotidiens sont résolus grâce à l'apprentissage orienté vers une découverte, alors que de larges portions de matières au programme sont acquises par un apprentissage réceptif:

---

[10] Voir réf. 8, pp. 24-27.

> "For the most part, large bodies of subject matter are acquired through reception learning, whereas the everyday problems of living are solved through discovery learning"[11].

L'apprentissage réceptif signifiant est important en éducation. Il constitue en effet le mécanisme par excellence qui permet d'acquérir et de conserver les nombreuses idées et informations véhiculées par n'importe quel champ du savoir[12].

b) L'apprentissage signifiant et la théorie de l'assimilation: élément fondamental de la théorie d'Ausubel

L'apprentissage signifiant constitue, selon Novak, l'élément central de la théorie d'Ausubel. Cet apprentissage, précise-t-il, est un processus au cours duquel l'information nouvelle est mise en relation avec des concepts déjà présents dans la structure cognitive. L'apprentissage résulte en une modification des cellules cérébrales, certaines d'entre elles ayant déjà acquis des informations similaires aux nouvelles.

> "New learning results in further change in brain cells, but some cells affected during meaningful learning are the same cells that already stored information similar to the new information being acquired"[13].

---

11. Idem, p. 25.

12. Idem, p. 39.

13. Novak J.D., A Theory of Education. Ithaca and London, Cornell University Press, 1977, p. 74.

Dans *Educational Psychology - A Cognitive View*, Ausubel et ses collaborateurs mettent l'accent sur le fait que l'acquisition d'une information nouvelle dépend grandement des idées que l'on possède déjà sur le sujet. L'apprentissage se produit grâce à une interaction de ces deux éléments. Cette interaction résulte en une assimilation des nouvelles et des anciennes significations et amène une plus grande différenciation de la structure cognitive. Voilà, grosso modo, l'essentiel de la théorie de l'assimilation selon Ausubel[14].

c) Le rôle des concepts dans l'apprentissage signifiant

- Apprentissage subordonné

On distingue diverses formes d'apprentissages signifiants et ce, en fonction de la façon dont les concepts se lient entre eux. Dans l'apprentissage subordonné, les nouveaux éléments constituent un cas particulier d'un concept plus inclusif, dont les attributs peuvent être modifiés ou non (voir les schémas de la page suivante).

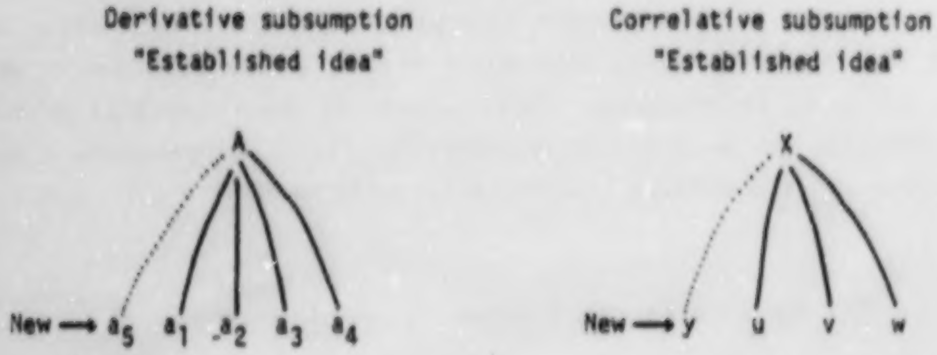
> "In derivative subsumption, new information a_5 is linked to superordinate idea A and represents another case or extension of A. The criterial attributes of the concepts A are not changed, but new examples are recognised as relevant(...) In correlative subsumption, new information y is linked to idea X, but it is an extension, modification, or qualification of X. The criterial attributes of the subsuming concepts may be extended or modified with the new correlative subsumption"[15].

---

[14] Voir réf. 8, pp. 67-68.

[15] Idem, p. 68.

TABLEAU 2: Formes d'apprentissage subordonné


Derivative subsumption
"Established idea"
A
New → a_5 a_1 a_2 a_3 a_4
Correlative subsumption
"Established idea"
X
New → y u v w

- Apprentissage supraordonné ou englobant

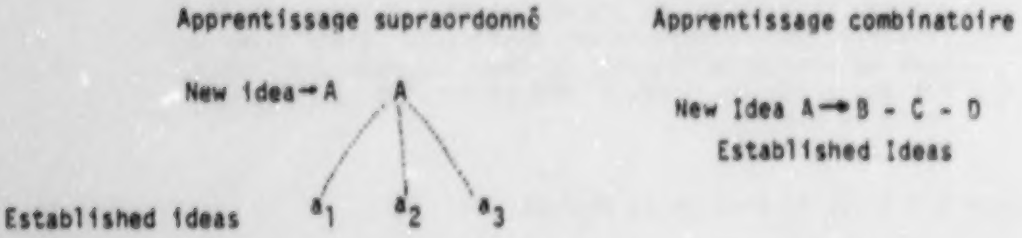
Dans l'apprentissage supraordonné, les idées assimilées précédemment a1, a2, et a3 sont perçues comme des exemples plus spécifiques du nouveau concept A, plus inclusif[16]. Recourons ici à un exemple. Il arrive souvent que les jeunes enfants anglophones appellent "doggies" tous les animaux à quatre pattes. Cependant, ils différencient très tôt les chiens, les chats, les vaches, etc. et donnent des noms à ces animaux. On peut les amener à voir, s'ils ne l'ont pas déjà fait, que ces groupes d'animaux ont des caractères communs et leur faire acquérir le concept des mammifères. La relation existant entre ce concept et ceux de chien, de chat, etc. est une relation englobante ou supraordonnée ("superordinate relationship")[17].

---

[16] Idem, p. 68.

[17] Novak J.D., A Theory of Education. Ithaca and London, Cornell University Press, 1977, p. 88.

TABLEAU 3*: Autres formes d'apprentissage



Apprentissage supraordonné

Apprentissage combinatoire

- Apprentissage combinatoire

L'apprentissage combinatoire reliera une idée nouvelle (par exemple A) à des idées déjà acquises (par exemple B, C, D); toutefois l'idée nouvelle n'est pas perçue comme plus spécifique ou plus englobante que celles-ci[18] (voir le schéma ci-dessus).

Les formes d'apprentissage qui viennent d'être mentionnées constituent des exemples d'assimilation. La plupart des apprentissages signifiants consistent essentiellement en l'assimilation d'informations nouvelles[19].

d) Définition du mot "concept" selon Ausubel; quelques précisions sur la nature des concepts et l'acquisition de ceux-ci

- Définition du mot "concept"

C'est après avoir utilisé à plusieurs reprises le mot "concept" qu'Ausubel et ses collaborateurs définissent ce terme:

---

* Les schémas des tableaux 2 et 3 ont été tirés de l'ouvrage Educational Psychology - A Cognitive View (p. 68), mais sont regroupées différemment.

18. 19. Ausubel D.P., Novak J.D., Hanesian H., Educational Psychology - A Cognitive View. Second Edition, New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, p. 68.

> "For our purposes, we shall define concepts as objects, events, situations, or properties that possess common criterial attributes and are designated in any given culture by some accepted sign or symbol. House, triangle, war and truth are a few of the culturally accepted concepts we use"[20].

- Les concepts, filtres de la réalité

Une réflexion quelque peu sérieuse sur la nature des concepts amène à conclure que nous vivons dans un monde de concepts plutôt que dans un monde d'objets, d'évênements et de situations. La réalité dont nous avons l'expérience sur le plan psychologique n'est reliée qu'indirectement aux propriétés physiques de notre environnement et de notre expérience sensible. C'est à travers un filtre de concepts ou de catégories que nous la percevons.

> "Reality, figuratively speaking, is experienced through a conceptual or categorical filter. That is, the cognitive content a group of spoken or written words elicits in the recipient of a message is a highly simplified, abstract, and generalised version both of the actual realties to which they refer in the physical world and of the actual conscious experiences which these realities evoke in the narrator"[21].

Le message véhiculé par un ensemble de mots constitue, dans cette optique, une version hautement simplifiée, abstraite et généralisée à la fois de la réalité à laquelle il se réfère dans le monde physique et des expériences conscientes que ces réalités évoquent à ce moment chez le narrateur. De plus, l'expérience consciente elle-même que l'on a d'un évênement, même si elle est plus particulière et idiosyncratique que le contenu cognitif exprimé verbalement, ne correspond que difficilement à la réalité. Il s'agit plutôt d'un contenu cognitif subtilement "modelé" par la nature du concept existant déjà dans la structure cognitive du sujet. Par exemple, le concept de maison que l'on possède amènera à prendre conscience de certaines propriétés d'une maison que l'on voit et à en ignorer d'autres[22]. Notre représentation consciente de la réalité n'est ainsi qu'une représentation grandement simplifiée, schématique, sélective et généralisée de celle-ci.

---

[20] Idem, p. 89.

[21] Idem, p. 88.

> "In short, because of the influence of concepts within their cognitive structures, humans experience a highly simplified, schematic, selective, and generalized conscious representation of realty, rather than a complete and faithful representation of it"[23].

- Quelques précisions supplémentaires sur l'acquisition des concepts

Il importe de noter que l'on utilise ses propres concepts pour façonner ses propres expériences et non les concepts plus génériques issus d'une culture donnée. Cependant la formation des concepts chez un individu est à la fois déterminée par ceux-ci et par ses propres expériences[24].

Soulignons ici qu'Ausubel distingue deux types principaux d'acquisition des concepts, la formation des concepts et l'assimilation de ceux-ci[25]. La première serait le fait surtout des enfants d'âge pré-scolaire, l'autre des enfants plus âgés et des adultes.

La formation des concepts consisterait en un type d'apprentissage par la découverte impliquant, au moins sous une forme primitive, des processus psychologiques tels que l'analyse discriminative, l'abstraction, la différenciation, l'élaboration d'hypothèses et leur

---

22. Idem, p. 83.

23. 24. Idem, p. 89.

25. Idem, p. 92.

vérification, ainsi que la généralisation. On la retrouverait aussi, de façon moins marquante et sous une forme plus sophistiquée chez des individus plus âgés, et ce dans la vie courante et au laboratoire[26]:

Cependant ceux-ci acquièrent généralement de nouveaux concepts grâce à un processus d'assimilation qui amènerait, comme on l'a déjà vu, la mise en relation des attibuts critiques des concepts à acquérir avec des idées qui s'y rapportent, déjà présentes dans la structure cognitive du sujet (voir pp. 165 à 167).

> "That is, they learn new conceptual meanings by being presented with the criterial attributes of concepts and by relating these attributes to relevant established ideas in their cognitive structures"[27].

Comme les définitions des concepts et les contextes qui s'y rapportent sont présentés aux sujets plutôt que découverts par eux, l'assimilation de concepts est une forme typique d'apprentissage réceptif signifiant. Puisqu'elle implique des activités cognitives variées, elle ne saurait être considérée cependant comme un simple phénomène perceptif.

Dans certains cas, lorsque dans un contexte donné le sens d'un mot n'est pas évident, le processus d'apprentissage diffère peu de celui qu'implique la formation de concepts. Le sujet doit en effet abstraire, différencier, élaborer et vérifier des hypothèses, se livrer à des généralisations avant que le sens n'émerge[28].

Il importe de souligner que le processus d'assimilation caractérise l'acquisition de concepts secondaires; il présuppose chez le

---

26. Idem, p. 93.

27. 28. Idem, p. 94.

sujet une maturité intellectuelle lui permettant de relier à sa structure cognitive les attributs critiques abstraits de nouvelles idées génériques, même si ceux-ci ne sont pas liés en premier lieu aux multiples exemples particuliers du concept auquel ils se rattachent (voir pp. 161 et 162)[29].

Voici maintenant quelques applications de la théorie d'Ausubel et de Novak à l'enseignement.

II - Quelques applications de la théorie d'Ausubel et de Novak à l'enseignement, notamment à celui des sciences

Ausubel et ses collaborateurs consacrent une partie importante de leur ouvrage aux applications de leur théorie. Ainsi les chapitres 9 et 10 s'intitulent respectivement Practice[30] and Instructional Materials[31], alors que la dernière section porte sur la mesure et l'évaluation[32].

Nous exposerons tout d'abord quelques implications générales de la théorie en cause et les illustrerons à l'aide d'un schéma extrait de l'ouvrage A Theory of Education. Deux techniques de regroupement des concepts seront ensuite brièvement décrites.

1. Quelques implications générales et illustrations schématiques de celles-ci

---

[29] Idem, p. 109.

[30] Idem, pp. 309 à 350.

[31] Idem, pp. 351 à 393.

[32] Idem, pp. 597 à 623.

A cause de l'accent qu'elle met sur les concepts, la théorie d'Ausubel et de Novak implique que l'on distingue dans une discipline les concepts les plus importants des concepts secondaires... Si l'on veut favoriser chez l'élève un apprentissage signifiant amenant une différenciation progressive des idées, il faut que l'on présente en premier lieu les propositions et les concepts les plus généraux et les plus inclusifs. L'information subséquente clarifiera ceux-ci et montrera les liens qui existent entre les concepts subordonnés. D'autre part, l'apprentissage supraordonné ou englobant requiert que l'on présente les concepts subordonnés de manière à faire ressortir leurs liens avec les concepts plus inclusifs qu'eux. De plus, on fera en sorte que le sens de concepts apparemment disparates soit clarifié et que les distinctions et relations entre concepts subordonnés soient saisies. C'est ce qu'Ausubel désigne sous l'expression "integrative reconciliation"[33].

Pour assurer cette distinction explicite des similarités et différences entre les idées[34], nous devons, précise Novak, organiser l'enseignement selon un mouvement de haut en bas et de bas en haut, au fur et à mesure que l'on y insère de nouvelles informations. Il convient de commencer par les concepts les plus inclusifs et démontrer très tôt comment les concepts subordonnés leur sont reliés, revenant en arrière grâce à des exemples illustrant le sens de concepts plus inclusifs.

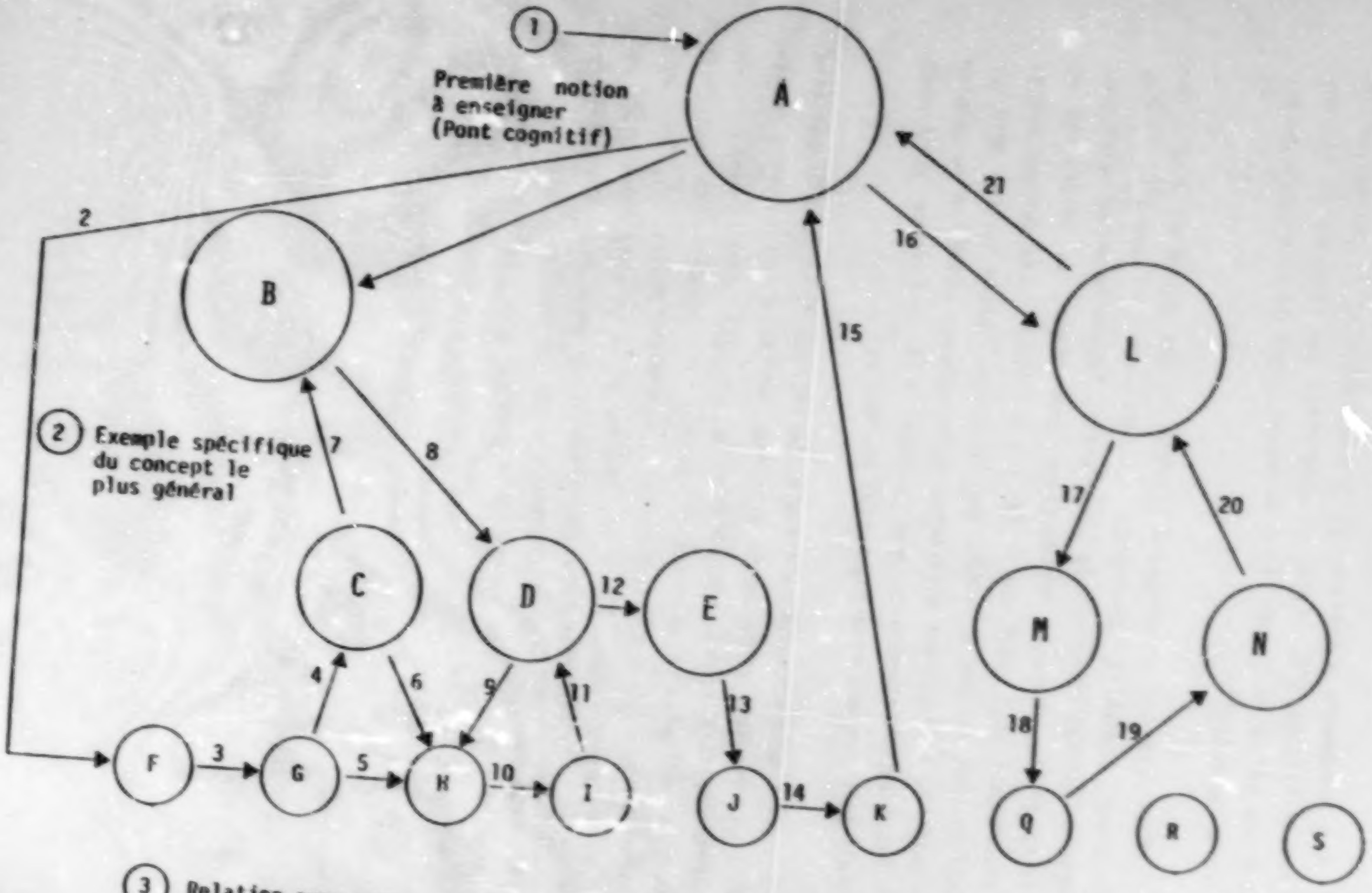
> "We might do well to start with the most general concepts, but we need to illustrate early how subordinate concepts are related, and then move back through examples to new meanings for higher order concepts"[35].

---

[33] Idem, p. 360.

[34] Idem, p. 627.

[35] Novak J.D., A Theory of Education. Ithaca and London, Cornell University Press, 1977, p. 91.


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
Q
R
S
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

① Première notion à enseigner (Pont cognitif)

② Exemple spécifique du concept le plus général

③ Relation avec un autre exemple spécifique

(Tiré de Novak, A theory of education, p. 91, Le dessin de ce tableau a été légèrement modifié)

Ces mouvements ascendants et descendants sont illustrés par le tableau de la page 173. Celui-ci schématise une séquence se rapportant à une partie de la matière d'un manuel donné ou d'un cours réparti sur un semestre[36].

Pour passer d'un concept à l'autre, il est essentiel d'utiliser des ponts cognitifs appropriés ("cognitives bridges")[37]. Ces ponts, qu'Ausubel désigne sous l'expression "advanced organizers" consistent en des données introductives d'un niveau de généralité et d'abstraction plus élevé que la matière à l'étude. Ces données introductives sont reliées à la fois aux idées que l'élève possède déjà sur le sujet et à la matière elle-même; elles doivent permettre de combler le fossé existant entre ce que le sujet sait déjà et ce qu'il doit savoir pour apprendre de façon plus expéditive[38].

On l'aura constaté sans doute, le tableau de la p. 173 peut-être utilisé, éventuellement après certaines modifications, dans l'enseignement relatif à certains ensembles de concepts scientifiques, notamment en zoologie. A pourrait représenter par exemple, les mammifères carnivores; B, les digitigrades; L, les plantigrades; C, les canidés; D, les félidés. Le chien, le loup et le renard, représentés par F, G et H, constitueraient des exemples de canidés. Bien d'autres séquences pourraient être construites sur ce modèle. Nous passerons maintenant à d'autres façons de regrouper concepts et idées tirées d'une recherche de Novak.

---

36. 37. Idem, p. 91.

38. Voir réf. 18 et 19, p. 628.

2. Deux procédés expérimentés par Novak dans l'enseignement des sciences

Les deux procédés dont il sera ici question sont tirés d'une étude de Novak effectuée dans le cadre du "Learning How to Learn Project de l'Université Cornell. L'étude en cause s'intitule The Use of Concept Mapping and Gowin's Mapping Instructional Strategies in Junior High School Science[39] et concerne les stratégies d'apprentissage relatives à l'acquisition des concepts. Plus précisément, cette recherche, qui se fonde sur la théorie de l'apprentissage signifiant tente de répondre à la question suivante: Des élèves de 7e et 8e années peuvent-ils utiliser efficacement le "concept mapping" et le "Gowin's V Mapping" dans l'étude des sciences?

Ces quelques lignes ne toucheront que les procédés utilisés dans cette recherche; elles s'efforceront de les décrire brièvement.

a) Le "concept mapping"

Le "concept mapping" consiste en une façon de représenter les concepts contenus dans une matière ainsi que leur organisation[40]. Une carte de concepts ("concept map") est une représentation bi-dimensionnelle d'une discipline ou d'une partie de discipline. Cette carte permet non seulement de discerner les points majeurs d'intérêt mais aussi d'illustrer les relations des concepts entre eux et de faire ressortir leur importance respective.

---

[39] Novak J.D. and others, The Use of Concept Mapping and Gowin's V Mapping Instructional Strategies in Junior High School Science. The Cornell University "Learning How to Learn Project". Cornell University, Ithaca, N.Y. Dept of Education, ED 200 437, 1981, 342 p.

[40] Idem, p. 226.

Lorsqu'elle se rapporte à plus de deux concepts, cette carte se présente sous forme de hiérarchie; les concepts les plus inclusifs dominent ceux qui le sont moins[41].

Novak fit d'abord travailler les élèves sur un passage de leur manuel ou de leur guide de laboratoire[42]. Puis il leur proposa au cours de la recherche divers paragraphes liés à la matière déjà vue en classe[43]. La page 177 présente l'un de ces paragraphes ainsi que la carte de concepts qui s'y rapporte, préparés par les chercheurs. Celle-ci devait servir de guide dans l'évaluation des travaux des élèves.

L'élaboration de cartes conceptuelles peut constituer un travail d'équipes et donner lieu à des discussions. Elle peut être aussi un excellent moyen de déceler certaines conceptions scientifiques naïves chez les élèves.

b) Le "V Mapping"

Le procédé de la carte en V (ou "V mapping") fut inventé par Gowin[44] afin de faire ressortir le jeu des relations existant entre les concepts d'une discipline et sa méthodologie[45].

---

[41] Idem, p. 227.

[42] Idem, p. 29.

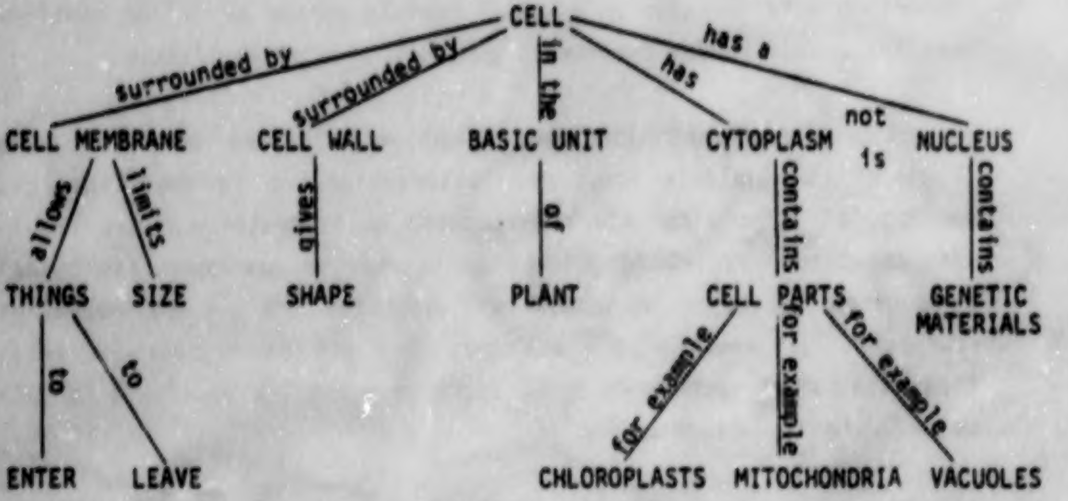
[43] Idem, p. 32.

[44] Gowin D.B. Educating. Ithaca: Cornell University Press.

[45] Voir référence 1, p. 10.

TABLEAU 5

Baseline Map:


CELL
surrounded by
surrounded by
in the
has
has a
CELL MEMBRANE
CELL WALL
BASIC UNIT
CYTOPLASM
not
is
NUCLEUS
allows
limits
gives
of
contains
contains
THINGS
SIZE
SHAPE
PLANT
CELL PARTS
GENETIC MATERIALS
to
to
for example
for example
for example
ENTER
LEAVE
CHLOROPLASTS
MITOCHONDRIA
VACUOLES

Scoring:

Relationships (R) - 17

Hierarchy (H) - 3

Branching (B) - 10

General to Specitif (G/S) - 5

Cross Links (CL) - 1

Total Score (Tt) - 36

Basline Map for "Cell" paragraph. Vestal, seventh grade, January, 1980 and May, 1980.

The cell is the basic unit of a plant. It is surrounded by a cell membrane and a cell wall. The cell membrane limits the size of the cell and allows only certain things to enter or leave the cell. The cell wall gives shape to the plant. The cytoplasm of the cell contains the cell parts which include mitochondria, vacuoles, and chloroplasts. The nucleus, which is not in the cytoplasm, contains genetic material.

Tiré de Novak and others, 1981, p. 40.

Au bas de la page 179, un tableau reproduit le schéma de la carte en "V" utilisée dans la recherche de Novak. On inscrira au centre le ou les questions à poser. Le côté gauche du "V" se réfère aux concepts. On y indiquera les théories, principes et concepts se rapportant à la question en cause. Sous la pointe du "V" on mentionnera les choses ou les événements qui font l'objet de l'étude.

Les données méthodologiques figurent à droite du "V". On y trouvera les résultats issus de l'observation, de la cueillette des données, et des manipulations effectuées au laboratoire. Ces résultats constitueront les fondements de la réponse aux questions posées et pourront suggérer de nouvelles questions amenant de nouvelles recherches[46]. Les réponses aux questions et les suggestions relatives à d'autres recherches constituent ce que Novak appelle à la suite de Gowin "knowledge claim"[47].

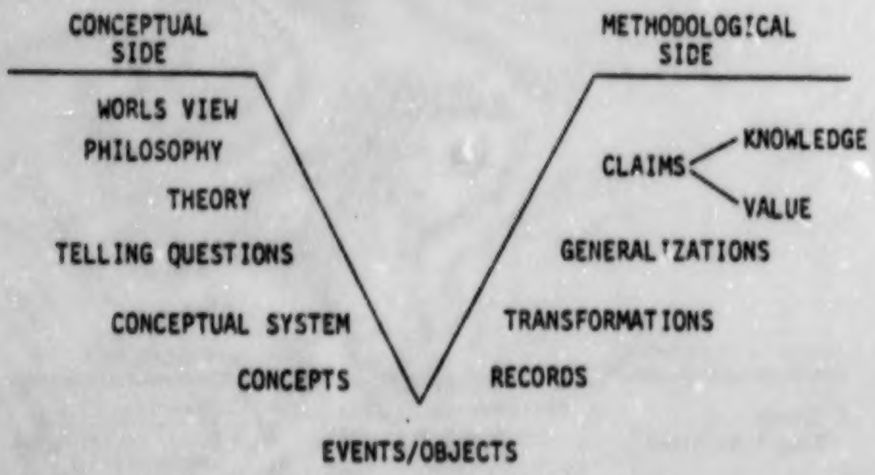
Le tableau de la p. 180 montre une carte en "V" complétée à la suite d'exercices de laboratoire sur la vitesse des battements cardiaques. Parmi les concepts relatifs à ce travail et inscrits à gauche du "V", on peut relever ceux d'oxydation, d'énergie, d'artère, de veine, de sang, etc. La théorie utilisée est celle de l'homéostasie du corps. Les données recueillies consistent dans le nombre de battements cardiaques par minute de chaque garçon et de chaque fille soit au repos, soit après un exercice modéré et après un exercice violent.

Le "V" utilisé par Novak constitue une modification du "V" mis au point par Gowin. On trouvera le schéma de celui-ci à la p. 179. (en haut). Les changements apportés par Novak se justifient en gros par le niveau relativement peu élevé des élèves sur lesquels portait sa recherche[48].

---

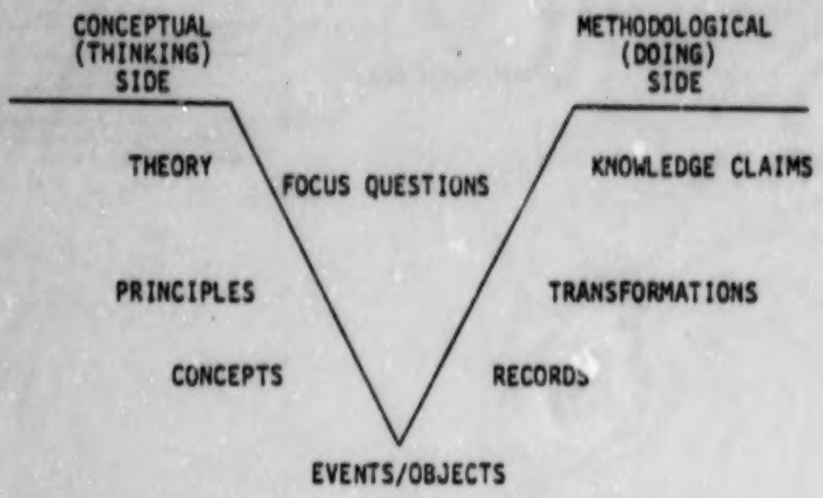
46. Idem, p. 235.
47. Idem, p. 245.
48. Idem, p. 65 et 66.

TABLEAU 6


CONCEPTUAL
SIDE
METHODOLOGICAL
SIDE
WORLS VIEW
PHILOSOPHY
THEORY
TELLING QUESTIONS
CONCEPTUAL SYSTEM
CONCEPTS
CLAIMS
KNOWLEDGE
VALUE
GENERALIZATIONS
TRANSFORMATIONS
RECORDS
EVENTS/OBJECTS

The Original Gowin's Epistemological "V" showing the role of conceptualizations and methodology in a inquiry.

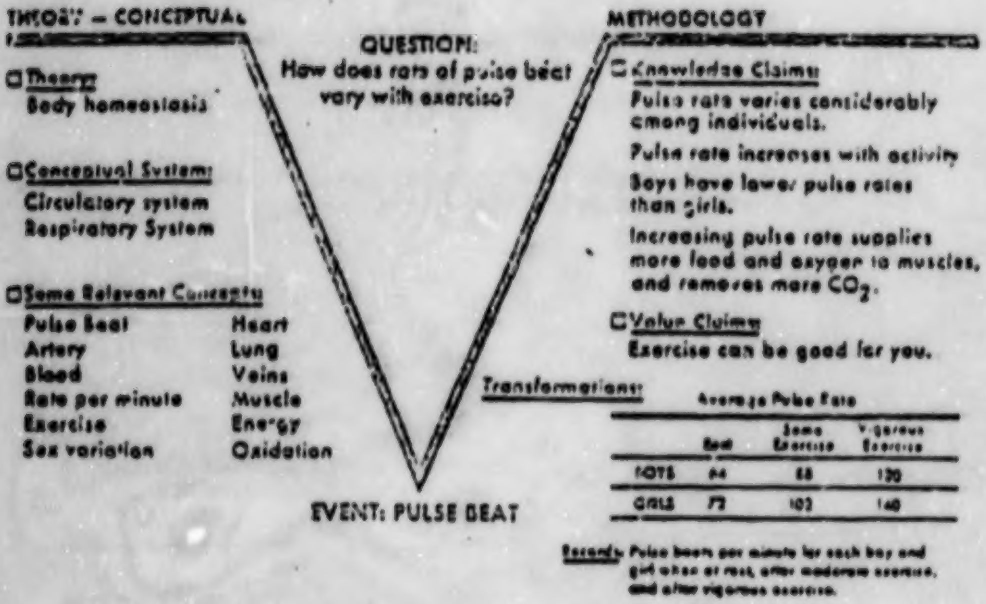
TABLEAU 7


CONCEPTUAL
(THINKING)
SIDE
METHODOLOGICAL
(DOING)
SIDE
THEORY
FOCUS QUESTIONS
KNOWLEDGE CLAIMS
PRINCIPLES
TRANSFORMATIONS
CONCEPTS
RECORDS
EVENTS/OBJECTS

The Knowledge "V" as evolved in the "Learning How to Learn" Project.

Tiré de Novak and others 1981, pp. 64 et 68.

TABLEAU 8


THEORY — CONCEPTUAL
METHODOLOGY
QUESTION:
☐ Theory:
Body homeostasis
☐ Conceptual System:
Circulatory system
Respiratory System
☐ Some Relevant Concepts:
Pulse Beat
Artery
Blood
Rate per minute
Exercise
Sex variation
Heart
Lung
Veins
Muscle
Energy
Oxidation
EVENT: PULSE BEAT
☐ Knowledge Claims:
☐ Value Claims:
Transformations:
Records:

How does rate of pulse beat vary with exercise?

Pulse rate varies considerably among individuals.

Pulse rate increases with activity

Boys have lower pulse rates than girls.

Increasing pulse rate supplies more food and oxygen to muscles, and removes more CO_2.

Exercise can be good for you.

Average Pulse Rate

	Rest	Some Exercise	Vigorous Exercise
BOYS	64	88	120
GIRLS	72	102	140

Records: Pulse beats per minute for each boy and girl when at rest, after moderate exercise, and after vigorous exercise.

"V" completed for the laboratory exercices "Pulse Rate", and early attempt to incorporate the "V" into classroom laboratory exercises. (Octobre, 1978).

Tiré de Novak and others, 1981, p. 15.

Conclusion

Comme on l'a vu, certaines applications tirées de la théorie d'Ausubel et de Novak permettent notamment au maître de schématiser la structuration de la matière et aux élèves de représenter graphiquement la structure de leurs concepts par rapport à tel ou tel sujet. Un maître qui se soucie d'évaluer son enseignement ou d'établir une correspondance entre la matière à enseigner et les capacités des élèves verra l'intérêt de tels procédés.

Cependant, ceux-ci ne risqueraient-ils pas d'être superficiels s'ils ne débouchaient pas sur la préoccupation de savoir quel niveau de fonctionnement mental est requis pour acquérir tel ou tel concept? C'est là que le recours aux théories de développement, notamment à celle de Piaget, pourrait s'avérer des plus efficace.

D'autres théories de l'apprentissage et du développement ont aussi donné lieu à des recherches relatives à l'acquisition de concepts scientifiques. Il nous semble nécessaire d'ajouter à ce chapitre, qui tient lieu de cadre de référence, quelques propos sur la théorie de l'apprentissage de R. Gagné.

C - Gagné

I - Quelques éléments de la théorie de l'apprentissage de Gagné

Le psychologue américain Robert Gagné s'est efforcé de faire la synthèse de recherches en psychologie de l'apprentissage et d'en déduire des principes touchant l'organisation de l'enseignement. Voici quelques éléments de sa théorie de l'apprentissage, relatifs surtout aux concepts.

1. Définitions et notions fondamentales

a) Définition de l'apprentissage

D'après Gagné, l'apprentissage est un processus qui permet à l'être humain et à l'animal "de modifier leur comportement de façon assez rapide et plus ou moins permanente, de telle sorte qu'une même modification ne doive pas se produire chaque fois que se présente une nouvelle situation"[1]. Deux éléments principaux caractérisent donc l'apprentissage selon Gagné: un "changement de comportement" et la "persistance de ce changement".

b) Champs d'apprentissage et habiletés intellectuelles

Gagné distingue cinq champs d'apprentissage: l'information verbale, les stratégies cognitives, les attitudes, les habiletés intellectuelles et les habiletés motrices. Selon ce psychologue, les habiletés intellectuelles se subdivisent en cinq catégories à savoir la discrimination, les concepts concrets et définis, la règle et la règle d'ordre supérieur[2]. Vu l'orientation de cet exposé, nous ne considérons ici que les concepts concrets et définis, ne retenant des autres catégories que ce qui est nécessaire à la compréhension de ceux-ci.

---

[1] Gagné R., traduit par Brien R. et Paquin R., Les principes fondamentaux de l'apprentissage. Les éditions HRW Ltée Montréal, 1976, p. 5.

c) Les concepts concrets

L'acquisition de concepts concrets suppose la capacité d'effectuer certaines discriminations préalables d'objets et de symboles. (ex. distinction de couleurs, formes, textures, sons, etc). Les concepts concrets consistent dans "des classes de qualités d'objets, d'objets et d'événements"[3]. Parmi les concepts reliés à des qualités d'objets, mentionnons à titre d'exemple ceux de couleur, de rond, de carré, et parmi ceux qui concernent les objets, les concepts de chaise, de table, de plancher, etc.

d) Les concepts définis

Alors que l'on peut illustrer un concept concret en recourant à des objets concrets, il est nécessaire de recourir à une phrase pour identifier un concept défini, par exemple celui d'obstacle.

Les concepts concrets peuvent évidemment être transformés en concepts définis et "cela devient souvent le but majeur d'un enseignement[4].

---

2) Idem, p. 61.

3) Idem, p. 52.

4) Idem, p. 54.

e) Concepts définis, règles et solution de problèmes

Comment peut-on savoir si un élève a acquis un concept défini? En lui demandant d'en utiliser la définition. Par exemple un élève montrera qu'il maîtrise le concept de longitude s'il sait mesurer correctement la distance est-ouest en réponse à un problème du type suivant posé à l'aide d'un globe terrestre: "Supposez que je sois au point zéro de la surface de la terre, montrez comment je trouverais la longitude de cet autre point"[5].

Ainsi utilisé pour résoudre un problème, le concept défini devient une règle, c'est-à-dire, selon la terminologie de Gagné, une "capacité apprise qui permet à l'individu de réaliser quelque chose au moyen de symboles"[6] (généralement ceux du langage et des mathématiques). D'ailleurs un concept défini - que l'on pourrait appeler plus proprement concept relationnel à cause des relations qu'il établit au moins entre deux concepts est en un sens formel, un type de règle. En effet, la relation exprimée par un concept défini permet de différencier celle-ci des autres[7]. Dans son ouvrage intitulé "Conditions of learning", Gagné (1970)[8] établissait la hiérarchie suivante:

La solution de problèmes requiert comme préalables:
    Les règles
qui requièrent comme préalables:
    Les concepts
qui requièrent comme préalables:
    Les discriminations
qui requièrent comme préalables:
    Les associations verbales et autres
    enchaînements
qui requièrent comme préalables
    Les connections entre stimili et réponses

5, 6) Idem, p. 55.

7) Gagné R.M., The Conditions of Learning, Second edition, Holt Rinehart and Winston, 1970, p. 190.

8) Idem, p. 66.

2. La hiérarchisation des préalables

Pour Gagné, ce sont les préalables qui distinguent surtout les formes d'apprentissage les unes des autres[9]. Comment peut-on hiérarchiser les préalables? Cette importante question a retenu très tôt l'attention de Gagné. Déjà en 1962, il utilisait l'expression "hiérarchie d'apprentissage" pour désigner un ensemble de capacités intellectuelles spécifiques ayant entre elles une relation d'ordre, en fonction de considérations théoriques. Mais, laissons la parole à Gagné lui-même:

> It was possible, I stated, beginning with a clear statement of some terminal objective of instruction, to analyse this final capability into subordinate skills in an order such that lower-level ones could be predicted to generate positive transfer to higher-order ones. The entire set of ordered intellectual skills formed a hierarchy which was considered to bear some relation to a plan for effective instruction[10].

II - Deux exemples de hiérarchie d'apprentissage

1. Hiérarchie relative à un problème touchant la notion de travail

L'ouvrage Conditions of Learning présente un exemple d'une hiérarchie d'apprentissage dans le domaine des sciences; cet exemple a trait à la solution d'un problème touchant la notion de travail. Le problème, qui suppose la présence d'une chaise et d'une table exige que l'on calcule le travail nécessaire pour hisser une boîte à la hauteur de la table.

---

9) Idem, p. 65.

10) Gagné R.M., Learning Hierarchies, Educational Psychologist, vol.6, november 68, pp. 1-9.

Pour résoudre ce problème, l'élève traduira les éléments de la situation en une formule mathématique correspondant à la notion de travail; il choisira des unités de mesures appropriées et cherchera les valeurs numériques des variables force et distance. Il résoudra alors l'équation permettant d'obtenir la réponse demandée.

Comme le montre le schéma de la p. 187, la solution du problème en cause requiert les préalables suivants:

1) Déterminer les valeurs numériques des variables force et distance.
2) Traduire les données verbales du problèmes en une formule mathématique.
3) Résoudre l'équation.

Chacun de ces préalables requiert à son tour d'autres préalables, lesquels ont été ici déterminés en fonction d'élèves de septième année. On peut en effet penser raisonnablement que ceux-ci ont atteint le niveau correspondant au point de départ mentionné sur le schéma. S'il s'agissait d'élèves de quatrième année, il faudrait définir par exemple les concepts de force, de distance et d'unité de mesure[11].

2. Hiérarchie concernant un problème sur l'électricité

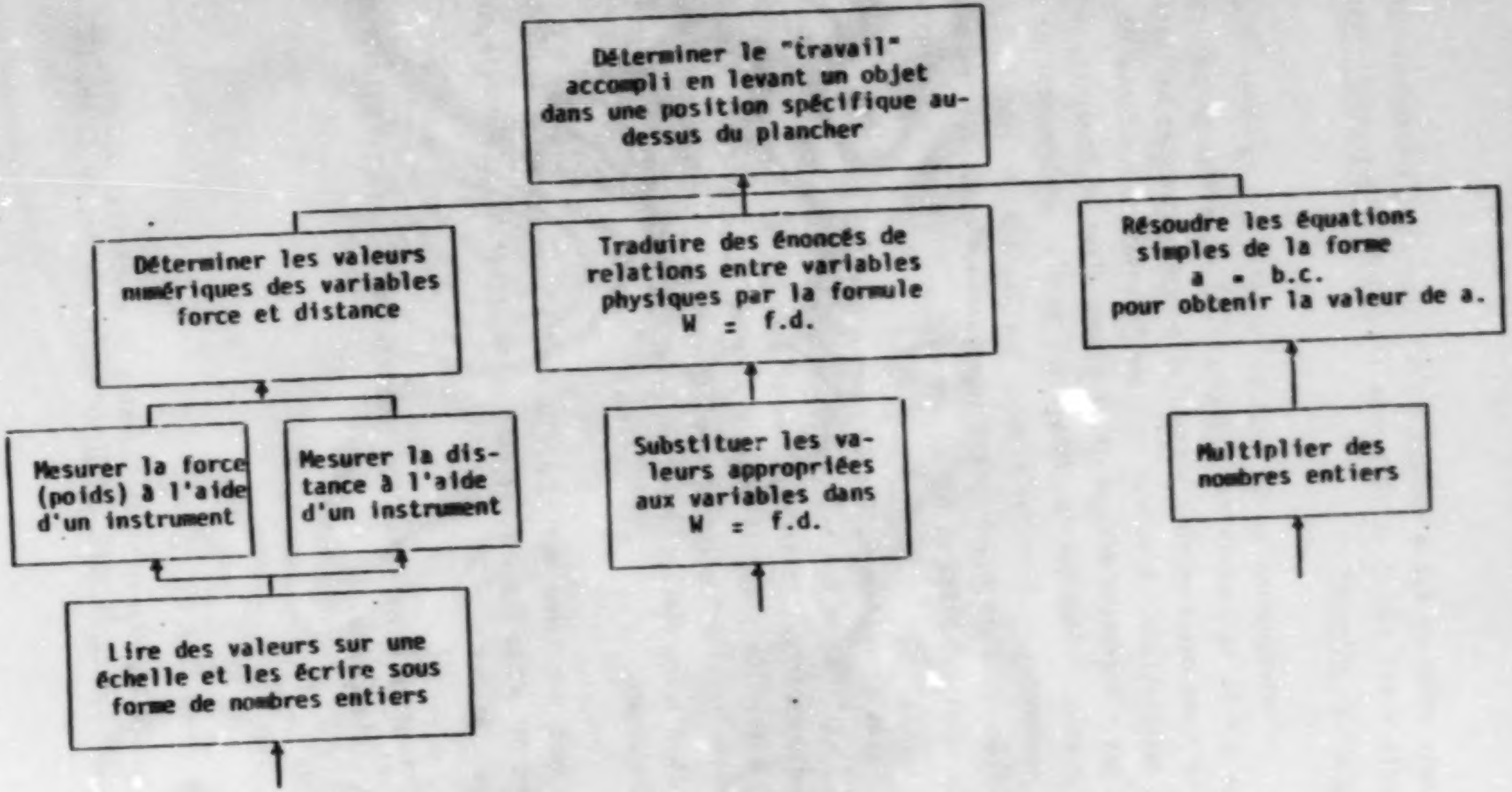
Le schéma de la p. 189 illustre une hiérarchie d'apprentissage, concernant cette fois la solution d'un problème relatif à l'électricité. Cette hiérarchie a été élaborée dans le cadre d'une recherche effectuée par G. Beeson, du Collège de Victoria, en Australie. Le

---

[11] Gagné R.M., The Conditions of Learning, Holt Rinehart and Winston, 1970, p. 264.

TABLEAU 9

Une hiérarchie d'apprentissage relative à un problème touchant la notion de travail


Déterminer le "travail" accompli en levant un objet dans une position spécifique au-dessus du plancher
Déterminer les valeurs numériques des variables force et distance
Traduire des énoncés de relations entre variables physiques par la formule W = f.d.
Résoudre les équations simples de la forme a = b.c. pour obtenir la valeur de a.
Mesurer la force (poids) à l'aide d'un instrument
Mesurer la distance à l'aide d'un instrument
Substituer les valeurs appropriées aux variables dans W = f.d.
Multiplier des nombres entiers
Lire des valeurs sur une échelle et les écrire sous forme de nombres entiers

Tiré de Gagné, R.M., (traduit par Brien et Paquin, Les principes fondamentaux de l'apprentissage, les Editicns HRW Ltée, Montréal, 1976).

compte rendu de cette recherche dont nous en présenterons pas ici le détail a été publié en 1977 sous l'intitulé Hierarchical learning in electrical science[12].

L'introduction de cet article rappelle que la majorité des travaux sur la validation des hiérarchies d'apprentissage de Gagné concernait des matières dans lesquelles prédominaient les habiletés d'ordre mathématique. L'auteur souligne le besoin d'une étude plus poussée des hiérarchies d'apprentissage dans d'autres domaines, notamment en sciences, ainsi que les faiblesses du plan expérimental de certaines recherches. Il rappelle aussi que Gagné affirmait, en 1968, que les éléments d'une hiérarchie d'apprentissage consistent en des habiletés intellectuelles et non en des unités d'information verbale.

Dans sa recherche, Beeson poursuivait l'objectif suivant: étudier l'utilisation des hiérarchies d'apprentissage dans un domaine de l'enseignement des sciences, tout en évitant les carences des travaux précédents. De plus, il voulait examiner l'importance relative des habiletés intellectuelles et des informations verbales dans une hiérarchie d'apprentissage ne se référant pas pour une large part, aux mathématiques.

Sous une forme modifiée, le modèle de validation hiérarchique élaboré par White fut utilisé dans cette recherche. Ce modèle comportait neuf étapes.

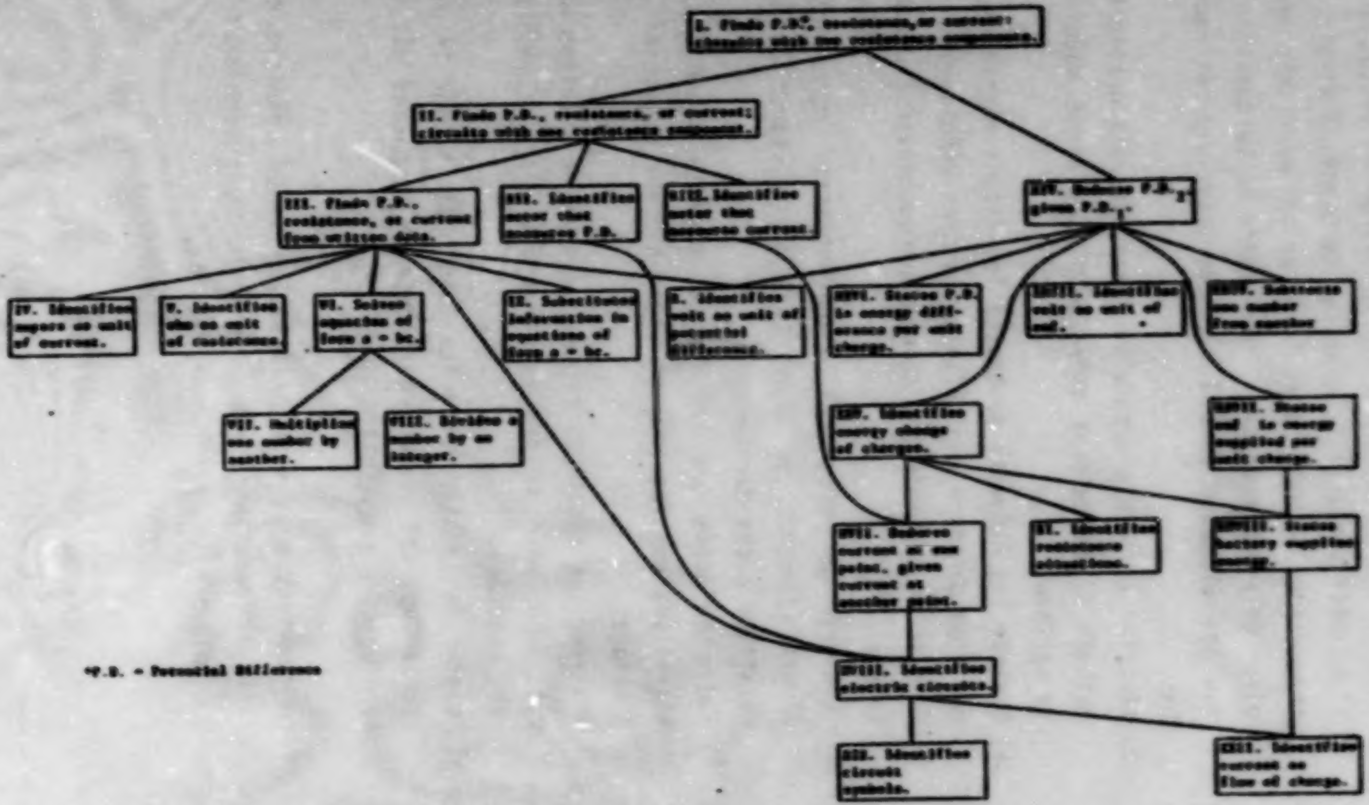
1) Définir en termes de comportement l'objectif final de la hiérarchie.

---

12) Beeson W.G., Hierarchical learning in electrical science, Journal of Research in Science Teaching, 1977, vol. 14, no 2, pp. 117-127.

TABLEAU 10

Une hiérarchie d'apprentissage relative à un problème faisant appel à des notions d'électricité (avant la validation finale)


I. Finds P.D.*, resistance, or current: circuits with two resistance components.
II. Finds P.D., resistance, or current; circuits with one resistance component.
III. Finds P.D., resistance, or current from written data.
XII. Identifies meter that measures P.D.
XIII. Identifies meter that measures current.
XIV. Deduces P.D.$_2$ given P.D.$_1$.
IV. Identifies ampere as unit of current.
V. Identifies ohm as unit of resistance.
VI. Solves equation of form a = bc.
IX. Substitutes information in equations of form a = bc.
X. Identifies volt as unit of potential difference.
XXVI. States P.D. is energy difference per unit charge.
XXIII. Identifies volt as unit of emf.
XXIV. Subtracts one number from another
VII. Multiplies one number by another.
VIII. Divides a number by an integer.
XXV. Identifies energy change of charges.
XXVII. States emf is energy supplied per unit charge.
XVII. Deduces current at one point, given current at another point.
XI. Identifies resistance situations.
XXVIII. States battery supplies energy.
XVIII. Identifies electric circuits.
XIX. Identifies circuit symbols.
XXII. Identifies current as flow of charge.
*P.D. = Potential Difference

(Tiré de Beeson, G.W., Hierarchical Learning in electrical Science, JRST, vol. 14, no 2, p. 119.

2) Établir la hiérarchie d'apprentissage en posant à partir de l'objectif terminal la question de Gagné, à savoir "What must the learner be able to do in order to learn this new element, given only instructions"? On posera cette question pour chacun des éléments tout à tour en procédant du haut vers le bas.
3) Vérifier si la hiérarchie en cause est raisonnable en la soumettant à des maîtres expérimentés et à des spécialistes de la matière.
4) Diviser les éléments de toutes les façons possibles, de sorte que l'on obtienne des définitions très précises.
5) Voir si les divisions obtenues correspondent à diverses habiletés.
6) Élaborer un programme d'apprentissage correspondant aux divers éléments, en ayant soin d'y intégrer des questions relatives à ces derniers.
7) Faire en sorte que 150 élèves, choisis comme il convient, assimilent ce programme en répondant aux questions au fur et à mesure.
8) Analyser les résultats grâce à un test de relation hiérarchique, pour voir si des associations entre éléments doivent être rejetées.
9) Rejeter de la hiérarchie les associations pour lesquelles le pourcentage des chances de s'obtenir au hasard est supérieur au niveau de probabilité choisi[13].

Il ne convient pas, vu l'orientation de ce chapitre de donner ici le détail des résultats. Nous en retiendrons cependant le point suivant, qui nous paraît des plus importants.

---

13) Idem, pp. 117 et 118 (Traduction libre de l'auteur).

Cette recherche semble démontrer que les habiletés intellectuelles doivent être ordonnées en une séquence hiérarchique en vue d'un apprentissage plus efficace. Cela signifie que la succession des préalables ("the pattern of prerequisites") que requiert l'habileté terminale doit être établie. Les autres éléments d'apprentissage (par exemple les informations verbales, les habiletés motrices, les attitudes) peuvent être présentées dans n'importe quel ordre, pourvu que l'on tienne compte de la nature particulière de la situation d'apprentissage[14].

Dans le domaine de l'enseignement des sciences, la technique de hiérarchisation de Gagné semble être particulièrement utile en ce qui concerne la solution de problème, comme le montre les deux exemples cités précédemment.

Conclusion du troisième chapitre

Ce troisième chapitre avait pour but principal de fournir un cadre de référence permettant de mieux saisir les théories sur lesquelles se fondent certains travaux de recherche et de regrouper les applications pédagogiques issues de celles-ci. Plus précisément, l'introduction posait la question suivante: Parmi les applications qui découlent de ces théories, certaines seraient-elles susceptibles de se compléter?

Comme fil conducteur de notre travail, qui finalement a trait à la didactique, nous avions proposé la définition suivante du mot méthode:

---

14) Idem, p. 126.

"Une méthode est une façon d'organiser la vie de la classe en fonction

- de la fin que l'on poursuit
- de la structure de ce que l'on enseigne
- de l'idée que l'on nourrit des écoliers"[1].

Cette définition appelle quelques compléments d'explication. L'utilisation d'une méthode suppose que l'on ait déterminé des objectifs et que l'on dispose d'un certain contenu, qui sera plus ou moins structuré et structuré de telle ou telle façon. La structuration de la matière revêt une grande importance; cela ressort, nous semble-t-il des pages qui précèdent. Cependant, comme nous l'indiquions dans une étude antérieure, la structure "ne saurait être utilisée telle quelle à partir d'a priori logiques; il faut se demander tout d'abord quelles connaissances antérieures, et s'il y a lieu, quels mécanismes de pensée sont nécessaires à l'assimilation de ce contenu, la réponse à cette question étant liée évidemment à l'idée que l'on se fait de celui-ci.

Il faut ensuite voir sur quelles virtualités, sur quel acquis on peut tabler chez l'enfant pour faire assimiler tel ou tel contenu, autrement dit, voir comment l'enfant se situe par rapport à la gamme des connaissances ou des capacités nécessaires à l'acquisition de la notion en cause. C'est ici qu'intervient la troisième composante, qu'il faudra peut-être affiner par diverses études"[2].

---

[1] Avanzani Guy, Immobilisation et novation dans l'éducation scolaire scolaire, Privat, Toulouse, 1975, pp. 22-23.

[2] Labonté Thérèse, Différenciation du possible et du probable et emploi des modes. Thèse présentée à l'Université Lyon II, en vue de l'obtention d'un doctorat de 3e cycle, Lyon, juin 1980, p. 14-15.

Il nous semble que l'on peut puiser dans les deux derniers paragraphes des éléments permettant de mieux répondre aux questions posées précédemment. Tout ce qui peut éclairer la définition des objectifs, la sturcturation de la matière, la représentation que l'on a des élèves, ou encore la façon d'adapter le contenu à ces derniers est susceptible d'améliorer, au moins indirectement, les procédés, techniques et méthodes déterminant la conduite de la classe, donc d'améliorer la didactique.

Il convient maintenant, nous semble-t-il, de revenir au thème de ce travail et de rappeler grosso modo, les objectifs de l'enseignement des sciences au secteur professionnel. Ces objectifs, rappelons-le, comprenaient non seulement l'acquisition d'un certain nombre de connaissances mais aussi la formation à la méthode scientifique, conçue plutôt comme une démarche à suivre dans la résolution de problèmes.

Or les conseils que donne Piaget par rapport à la formation à l'expérimentation nous semblent ici à retenir (voir par exemple la page 141). En ce qui concerne l'acquisition des concepts, les méthodes de structuration proposées par Ausubel et Novak (mouvements de haut en bas et de bas en haut, etc.), qui d'autre part, semblent correspondre d'assez près au processus d'acquisition décrit par Piaget (méthode ascendante et descendante, etc.) constituent un apport important. D'autre part, l'établissement de liens entre les deux aspects des objectifs, à savoir les concepts et la méthode peut être facilité grâce à l'élaboration de cartes en V (voir les pages 177 et 179). En ce qui concerne la solution de problèmes, on verra sans mal l'intérêt de savoir ordonner les opérations à effectuer, en déterminant pour chacune les opérations et connaissances préalables. C'est là, notamment, que les méthodes de hiérarchisation de Gagné s'avèrent fort utiles.

Cependant, parmi les opérations requises pour résoudre un problème, certaines peuvent exiger des niveaux de développement différents, comme le montre Prosser en recourant à des problèmes de mathématiques (voir pp. 155 et 156) et en évoquant les théories de Piaget. Celles-ci éclaireraient sur le niveau de difficulté de certaines opérations, dans l'optique piagétienne.

Il pourrait en être de même en ce qui concerne la structuration de la matière. En effet, ne faut-il pas non seulement structurer le contenu, mais aussi connaître les mécanismes de pensée nécessaires à son acquisition? Le recours aux théories du développement peut-être dans ce cas irremplaçable en particulier lorsque l'élève a acquis, par rapport à certaines connaissances des conceptions erronées, et que celles-ci et l'enseignement risquent d'interférer.

Cependant, si le recours aux théories permet de faire des prévisions, il n'en demeurera toujours pas moins nécessaire de vérifier concrètement le niveau de développement et les connaissances préalables des élèves avant de faire des programmes et de proposer en classe l'acquisition de tel ou tel contenu.

Dans un autre ordre de pensée, si l'on accepte la théorie de Piaget, particulièrement l'idée que "tout acte d'intelligence implique un jeu d'opérations" on puisera dans la didactique d'Aebli des moyens de faire acquérir ces opérations par les élèves, surtout s'ils se situent encore au niveau opératoire concret.

Aebli propose comme on l'a vu, une didactique qui cherche d'abord dans toute notion, les opérations (au sens piagétien) qui la sous-tendent, et qui amène l'élève à intérioriser et à regrouper ces opérations à partir de l'action concrète. Le sujet se détachera progressivement de celle-ci grâce à certains procédés mentionnés précédemment (voir pp. 150 et 151). Bien sûr, le recours à une telle didactique suppose que l'ont ait identifié les notions à acquérir et que l'on ait dégagé leur structure d'ensemble. Dans certains cas, une connaissance plus approfondie de la discipline en cause sera nécessaire.

Les articles qui seront résumés dans les divers chapitres de cet ouvrage présenteront soit des méthodes et procédés d'enseignement se référant explicitement ou non aux théoriciens déjà cités, soit diverses façons de structurer des ensembles de notions ou de faire acquérir les concepts scientifiques liés aux objets techniques. Nous tenterons de décrire le processus des recherches en cause ainsi que leurs résultats et à ce titre, nous pourrons revenir sur certaines études déjà abordées dans les pages qui précèdent.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

(Sommaire et recommandations)

Avant de formuler des recommandations découlant de ce travail, il convient d'en rappeler les grandes lignes.

Le premier chapitre évoque les vastes horizons de la technologie et s'arrête notamment sur les interrelations de la technique, des sciences et de la société. Il explique l'intérêt soulevé par la formation scientifique au secondaire professionnel et tente de décrire le cadre de l'insertion de cette formation.

Dans cette perspective, on a fait ressortir les liens indissociables qui existent entre l'acquisition de concepts scientifiques et une solide formation de base en matière de langage, de mathématiques et de raisonnement. On a aussi souligné la remise en cause de la formation professionnelle avant la fin du secondaire ainsi que les tendances de la formation en sciences dans l'enseignement général, telles qu'elles se dégagent de divers rapports.

On a ensuite décrit deux expériences qui se situent à l'avant-garde de l'enseignement des sciences au Québec, en ce qui concerne le secondaire professionnel et le primaire. Dans le premier cas, on a parlé également de la formule pédagogique retenue pour assurer une meilleure formation de base, à savoir l'Atelier de culture.

Quelles connaissances scientifiques devraient acquérir les élèves du secondaire professionnel? Le deuxième chapitre regroupe quelques études ayant touché divers aspects de cette question. La plus importante a été effectuée par le Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, à Ottawa. De fructueuses études ont été menées au Québec, en particulier à Chicoutimi, dans le secteur des techniques physiques, à Sherbrooke, pour les techniques de soudage, et à Rimouski, en agrotechnique. On a aussi relevé quelques études américaines dont certaines portent sur l'initiation à la démarche expérimentale et sur l'acquisition d'habiletés de base nécessaires à l'étude des sciences. La conclusion du deuxième chapitre attire l'attention sur l'interdépendance du contenu, de la démarche pédagogique et de la connaissance que le maître a de l'élève.

Le troisième chapitre montre comment des applications pédagogiques issues de diverses théories du développement et de l'apprentissage peuvent se compléter en ce qui concerne l'enseignement des sciences. A cette fin, nous avons rappelé brièvement les théories de Piaget, de Gagné, d'Ausubel et de Novak, lesquelles ont donné lieu aux plus importantes applications relatives à la formation scientifique au secondaire. Qu'on nous permette de le répéter, tout ce qui peut éclairer la définition des objectifs, la structuration de la matière, la représentation des élèves chez le maître ou encore la façon d'adapter le contenu à ces derniers est susceptible d'améliorer, au moins indirectement les procédés, techniques et méthodes déterminant la conduite de la classe, donc d'améliorer la didactique. Et les compte rendus et synthèses présentés dans le cadre de ce travail n'ont d'autre but que d'enrichir les connaissances des professeurs sur l'un ou l'autre de ces points.

Dans l'état actuel de cette étude, est-il possible de formuler quelques recommandations pratiques? Il le semble bien, même si certaines d'entre elles doivent revêtir la forme d'hypothèses de travail. Ces recommandations auront trait à la formation de base et à la motivation chez l'élève du secondaire professionnel, au contenu de sa formation scientifique, aux méthodes et aux procédés d'enseignement, à la formation des maîtres et à la poursuite des études sur l'identification des concepts scientifiques sous-jacents à la formation technologique.

1. La formation de base et la motivation chez l'élève

L'analyse et l'expérience s'accordent pour montrer que les élèves ne peuvent acquérir une formation en sciences au secondaire professionnel s'ils ne maîtrisent les fondements du langage et des mathématiques et s'ils ne possèdent certaines capacités de raisonnement (aptitude à classifier, à formuler des hypothèses et des conclusions, à résoudre divers types de problèmes). D'autre part, il semble possible de faire acquérir convenablement ces connaissances par la grande majorité d'entre eux, et cela l'expérience de l'Atelier de culture, à Victoriaville, le prouve amplement. Dans cette conjoncture, ne faudrait-il pas tirer profit de cette dernière expérience, notamment du matériel didactique déjà élaboré pour en faire profiter les élèves des autres régions? Vu la motivation que suscite chez les élèves la formule de l'Atelier de culture - et on le sait, la motivation fait souvent défaut au secondaire professionnel- ne conviendrait-il pas d'initier plus de professeurs à cette formule pédagogique, en intensifiant par exemple, les stages d'enseignants à la Polyvalente Le Boisé? Ne devrait-on pas, d'ailleurs, former les futurs maîtres à l'utilisation des divers procédés, méthodes et techniques susceptibles de susciter l'intérêt des élèves?

D'autre part, puisqu'"il vaut mieux prévenir que guérir", il faudrait sans doute tenter de remédier aux carences de certains élèves avant le secondaire professionnel.

2. Le contenu de la formation en sciences dans l'enseignement professionnel et la poursuite des recherches sur l'identification de ce contenu

Si on les considère dans leurs relations avec les divers métiers et professions, les besoins relatifs à la formation en sciences au secondaire professionnel apparaissent inégaux et variés, sauf en ce qui a trait au maniement de la démarche expérimentale. L'utilité générale de cette démarche, conçue comme une méthode de résolution de problèmes, a été reconnue par la recherche sur les habiletés génériques effectuée par la Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada.

Les résultats de recherche dont nous disposons actuellement justifieraient, nous semble-t-il, l'introduction dans les programmes d'un cours de sciences pour l'ensemble du secteur des techniques physiques et de cours complémentaires correspondant aux diverses spécialités de ce secteur. Comme le recommande l'équipe de recherche de Chicoutimi, le cours commun à tous devrait porter sur les thèmes suivants: énergie, cinématique, statique des fluides et électricité.

Il convient, à notre avis, de poursuivre des études sur la détermination du contenu de la formation en sciences au secondaire professionnel, et ce, en ne perdant pas de vue la rapidité des changements technologiques. On peut utiliser les résultats au fur et à mesure lors d'expériences-pilotes, quitte à opérer des modifications s'il y a lieu. Il importe toutefois de ne pas dégoûter les élèves en leur présentant une matière trop difficile à assimiler.

Une question se pose ici. Dans le choix du contenu des cours de sciences, doit-on considérer uniquement les nécessités du métier? N'y aurait-il pas un "rattrapage" à effectuer chez les élèves qui n'ont bénéficié d'aucune initiation scientifique au primaire et au début du secondaire? Pour ce faire, ne pourrait-on pas recourir à certains procédés et méthodes utilisés même au primaire?

Et ne faudrait-il pas assurer à tous une formation scientifique et technologique permettant de s'adapter au monde actuel, d'en tirer profit et même de le modifier, comme le recommande certains rapports récents sur la qualité de l'éducation? Si l'on donnait dans l'enseignement général, des cours de sciences axés sur les réalités technologiques qui nous entourent, les élèves de l'enseignement professionnel ne pourraient-ils pas et même ne devraient-ils pas les suivre?

3. Les méthodes et les procédés d'enseignement

Vu les intérêts et les besoins des élèves du secondaire professionnel, il convient, nous semble-t-il de recourir pour une large part à des méthodes actives, au sens où l'entend Piaget. Ces méthodes supposent l'intervention d'un milieu formateur de la personnalité et source d'échanges intellectuels structurés ainsi qu'une alternance du travail de groupe et du travail individuel. Il semble indispensable de provoquer la recherche personnelle de l'élève en l'amenant à se poser des problèmes dont la solution requiert des connaissances fondamentales à acquérir. C'est d'ailleurs là l'un des secrets du succès de l'Atelier de culture.

S'il importe de reconnaître l'utilité de l'action concrète, il ne faut pas s'y limiter, mais plutôt favoriser comme le recommande Aebli, l'intériorisation des opérations mentales et la structuration de la pensée. A cela les travaux d'Ausubel, de Novak et l'expérience en cours à l'Université de Montréal peuvent contribuer.

On peut se demander si une large utilisation de certaines méthodes axées sur la découverte ne risque pas de restreindre indûment le contenu. Des recherches semblent s'imposer en ce qui concerne la part à accorder aux apprentissages "réceptifs", et aux apprentissages liés à la découverte.

4. La formation des maîtres

Le travail effectué jusqu'ici étaye notre conviction qu'il faut rendre les professeurs du professionnel conscients de l'importance des habiletés de base en général et de l'utilité pour tous d'une formation en sciences permettant de déchiffrer notre monde technologique.

Non moins importante nous semble être pour les enseignants, la connaissance des diverses méthodes et techniques susceptibles de motiver les élèves et de favoriser leur développement intellectuel, tout en respectant leurs "styles cognitifs". Il importe aussi que les maîtres se familiarisent avec les diverses théories du développement et de l'apprentissage et avec la structure des contenus.

Mais surtout les professeurs doivent savoir adapter concrètement le contenu à leurs élèves en fonction des connaissances antérieures de ceux-ci. "Il faut aller du connu à l'inconnu" clame un vieux principe pédagogique qu'il n'est pas inutile de rappeler ici, puisqu'il résume en peu de mots l'essentiel de la pensée de grands auteurs évoqués dans ces pages.

BIBLIOGRAPHIE

------ *Récupération Bois-Francs Inc. - Monographie rédigée à la demande du ministère de l'Éducation du Québec*, Victoriaville, 1984, 56 p.

------ *La formation professionnelle au secondaire à Victoriaville. Un succès remarquable en quête d'un écho*. Victoriaville Polyvalente Le Boisé, octobre 1980, 17 p.

ACKERMANN W, ZYGOURIS Radmila. Représentation et assimilation de connaissances scientifiques. *Bulletin du C.E.R.P.*, 22e année, tome XXII, 1973-1974, no 1-2, 130 p.

AEBLI Hans, *Didactique psychologique. Application à la didactique de la psychologie de Jean Piaget*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1951, 163 p.

Agency for Instructional Television and Center for Occupational Research and Development. *Prospectus. Principles of Technology*, Indiana, AIT, 1983, 16 p.

ARSENEAULT Benoît et TOURIGNY André, *C.S.R. Bois-Francs, École Polyvalente Le Boisé - Projet de formation professionnelle*. Victoriaville, juin 1984, 15 p.

AUSUBEL D.P., NOVAK J.D. and HANESIAN H., *Educational Psychology - A cognitive View*. 2nd edition, New-York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1978, 733 p.

AVANZINI G., *Immobilisme et novation dans l'éducation scolaire*. Toulouse, Privat, 1975, 318 p.

BAILLARGEON Raymond, L'éducation technologique doit être implantée au Québec. Information, *Revue de l'AFQDE*, numéro 1, 1984, pp. 12-15.

BASSETT Lewis and others, *Physical Science for Nonscience Students* (PSNS) Renssealear Polytechnic Institute, Troy, N.Y. Jan. 1971, 341 p.

BEAULIEU Françoise, *Difficultés d'apprentissage des notions scientifiques de base en agrotechnique*. 3e Colloque national: Recherche et prospective en formation professionnelle au Québec - Actes - U.Q.T.R., 1984, pp. 28-37.

BENNETT A. and others, *A Comprehensive Study of the Relationship Between Academic Requirement in Vocational Education and the Abilities of Student in Various Vocational Programs. Final Report*. Roosevelt University, Chicago, Jul. 81, ED 212 845, 141 p.

BEESON G.W., Hierarchical Learning in Electrical Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 14, no 2, pp. 117-127.

BOYER Ernest L., *High School: A Report on Secondary Education in America*. New York: Harper and Row Publishers, 1983.

BOUCHER Normand, GOSSELIN Jean-Marc et coll. *Évaluation du projet Atelier de culture: solutions aux problèmes scolaires des élèves du professionnel long à la polyvalente de Victoriaville.* Recherche subventionnée par le Service de la Recherche du ministère de l'Éducation, mai 1980, 26 p.

Bureau de la conservation de l'énergie, *La poubelle au régime. Comment économiser énergie et argent en gaspillant moins*. Énergie, Mines et Ressources Canada, 1976, 118 p.

CARETTO J. et coll., Enquête par questionnaires sur quelques vocables d'orientation scientifique. *Revue française de pédagogie*, no 68, juil.-août-sept. 1984, pp. 61 à 71.

CHABAL J. et coll., *Méthodologie de la construction mécanique*. Paris, Les éditions Foucher, 1973, 124 p.

CHEVRIER Jean-Marc et coll., SCIS, *Choix de leçons*. Montréal, Institut de recherches psychologiques Inc. 1970, 32 p.

CLICHE J.M., *Chimie de la soudure aux maîtres en hydrothermie du secondaire.* Rapport d'étape, PPMEP, Université de Sherbrooke, Janvier 1982, 41 p.

COMBARNOUS Maurice, *Les techniques et la technicité*. Paris, Messidor, Éditions sociales, 1984, 270 p.

COLLEA et all., *Workshop on physics teaching and the development of reasoning*, Stony Brook, N.Y.: American Association of Physics Teachers, 1975.

Conseil des Sciences du Canada. A l'école des sciences. Spectre, vol. 14, numéro 1, octobre 1984, Dossier spécial, 12 p.

Conseil Supérieur de l'Éducation. La formation fondamentale et la qualité de l'éducation. Rapport 1983-84 sur l'état et les besoins de l'éducation, Québec 1984, 62 p.

CROUZE William H., Mécanique automobile, McGraw-Hill, 1979, 631 p.

DEESE J., On the Structure of Associative Meaning. Psychological Review 69, 1962, pp. 161-75.

DEFORGE Yves, L'éducation technologique. Paris, Casterman/poche, 1970, 174 p.

DE NICOLINI Éliane, La formation fondamentale à l'ère du micro-ordinateur. Conseil supérieur de l'éducation. Direction des communications. Québec, 10 janvier 85.

DE VITO Alfred et FLOYD Norland, An Integrated Approach to the Science Preparation of Prospective Elementary School Teachers. Purdue University, Lafayette, Ind., Department of Education, 1978, ED 159 139, 125 p.

Direction de la formation générale. Guide pédagogique. Primaire - Sciences de la nature - Second cycle, Québec, Gouvernement du Québec, 1983, 129 p.

Direction des programmes, Service du primaire. Guide pédagogique - Primaire. Mathématique - Fascicule B - Les concepts unificateurs. Québec, Gouvernement du Québec. MEQ, Direction générale du Développement pédagogique, 1981, 45 p.

DUBOIS et coll., Dictionnaire Larousse du français contemporain. Paris, Librairie Larousse, 1966, 1224 p.

ÉTHIER J.R., Le dynamisme pédagogique de la formation professionnelle. Vie pédagogique, no 25, juin 1983, pp. 17-19.

FORTIN Marc, Les concepts et principes scientifiques en enseignement professionnel et le micro-ordinateur. Profil, vol. 5, no 3, février-mars 1985, p. 10.

FOULQUIÉ Paul et ST-JEAN Raymond, *Dictionnaire de la langue philosophique*. 2e édition, Paris, P.U.F., 1969.

FUNK H. James and others, *Learning Science Process Skills*. Kendall Hunt Publishing C., ED 175 721, 1979, 183 p.

GAGNÉ Raymond, Le ramassage sélectif peut faire réaliser des économies. *Le Soleil*, jeudi, 28 février 1985, p. B-6.

GAGNÉ R.M., traduit par Brien R., Paquin R., *Les principes fondamentaux de l'apprentissage*, Montréal, Éditions HRW, 1976, 148 p.

GAGNÉ R.M., *The Conditions of Learning*, second edition, New York, Holt, Rinehart and Winston Inc., 1970, 407 p.

GAGNÉ R.M., Learning Hierarchies, *Educational Psychologist*, vol. 6, nov. 1968, 1-9.

GILLET B., CHARMET P., Psychopédagogie de l'enseignement des objets techniques, *Bulletin de Psychologie*, 1974 75, XXVIII, 18, no 319, pp. 948 à 950.

GIORDAN André, *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris, Le Centurion, 1978, 280 p.

GOODLAD John I., *A Placed Called School: Prospects for the Future*. New York: McGraw-Hill Book Co., 1983.

GUILBERT L. et coll. *Grand Larousse de la Langue française*, Paris, Librairie Larousse, 1978, tome 7, 6730 p.

JOHNSON P.E., Associative Meaning of Concepts in Physics. *Journal of Educational Psychology*, 55, 1964, pp. 84-89.

LABONTÉ Thérèse, *Différenciation du "possible" et du "probable" et emplois modaux: contribution à l'étude du développement cognitif durant la scolarité*. Thèse de doctorat de 3e cycle de Sciences de l'Éducation. Université Lyon II, Juin 1980, 224 p. (Disponible sur microfiches par l'intermédiaire de la banque EDUQ).

LABONTÉ T., *La formation de base au secteur professionnel dans l'optique de la formation des maîtres.* Ministère de l'Éducation. Direction de la recherche, juin 1983, 62 p.

LABONTÉ T., *Psychologie du développement et enseignement des sciences à l'école secondaire et au collège.* Direction de la recherche, Secteur de la planification, MEQ, 1983, 106 p. (Pour microfiches, voir EDUQ #8370813, Eduq 6, p. 232).

LABONTÉ T., *Quelques réflexions sur la psychopédagogie des objets techniques et l'acquisition de concepts scientifiques.* Compte rendu d'un atelier-table ronde avec J.P. Fons et Louis Joyal. 3e Colloque national: Recherche et prospective en formation professionnelle au Québec - Actes - U.Q.T.R., 1984, pp. 214-219.

LABONTÉ T., *Un congrès à Chamonix.* Direction de la recherche, MEQ, février 1985 (Rapport disponible sur demande), 13 p.

LALANDE André, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie.* Paris, P.U.F., 1976, 1323 p.

LANDRY Carol, 16 modules de notions scientifiques en agro-technique. *Profil*, vol. 15, no 2, décembre 1984 - janvier 1985, p. 4.

LEVASSEUR Roger, Projet d'un centre de récupération à Victoriaville. *Le Nouvelliste*, 22 avril 1977, p. 21.

LIU Cheng, *Literature Search. Teaching Basic Skills through Vocational Education. Technical Report.* State University of New York, Ithaca Cornell Institute for Occupational Education. April 80, ED 217 160, 119 p.

MAILLOT Pierre, Une exposition d'Arts durs. *L'Union*, 10 mai 1977.

MAURICE Normand, Un atelier de culture au "professionnel long". *Vie pédagogique I*, février 1979, pp. 11-17.

Ministère de l'Éducation. *La formation professionnelle des jeunes - Propositions de relance et de renouveau* - Gouvernement du Québec, 1982, 87 p.

Ministère de l'Éducation. La formation professionnelle des jeunes. Propositions de relance et de renouveau - Synthèse de la consultation. Gouvernement du Québec, 1983, 114 p.

MORTIMER J. Adler, The Paida Proposal. An Eductional Manifesto. New York, MacMillan Publishing Co. Inc., 1982, 84 p.

MOSS J., PUCEL D.J. et all., An Empirical Procedure for Identifying the Structure of the Technical Concepts Possessed by Selected Workers in Smith Brandon B., Ed. and Moss J. Jr. Ed. Report of a Seminar: Process and Techniques of Vocational Curriculum Development (Minneapolis, Minn., Feb. 28, Mar. 1, 1970) Apr. 1970, pp. 71-90.

MOSS J. and PUCEL D.J., Using the Free Association Methodology to Determine the Conceptual Structure of Radio and Television Repairman. Minneapolis, Minn., Minnesota Research Coordinating Unit for Vocational Education, 1967.

National Commission on Excellence in Education. A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 1981, 65 p.

National Science Foundation Washington, D.C., National Science Board Commission on Pre-college Education in Mathematics, Science and Technology. Educating Americans for the 21st Century. A Report to the American People and the National Science Board. Washington D.C., U.S. Government Printing Office, 1983, 124 p.

National Science Foundation Washington D.C., Educational Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and Technology. Educating americans for the 21st century. Source Materials. Washington D.C., U.S. Government Printing Office, 1983. ED 213 912, 255 p.

NOIRAY André et coll., La philosophie. Centre d'étude et de promotion de la lecture, 1969, 546 p.

NOVAK J.D., A theory of Education, Ithaca and London, Cornell University, 1977, 295 p.

NOVAK J.D. and others, The use of Concept Mapping and Gowin's "V" Mapping Instructional Strategies in Junior High School Science. The Cornell University "Learning How to Learn" Project. Cornell Univ., Ithaca, N.Y. Dept. of Education, 1981, 342 p. ED 200 437.

O'BRIEN Thomas C., What's Basic? A Constructivist View, in Reed Linda, Ed., Ward Spencer, Ed., *Basic Skills Issues and Choices: Issues in Basic Skills Planning and Instruction, Volume I*, Cemrel Inc., St-Louis, Mo, Apr. 1982, ED 218 648, 208 p.

OCDE, Inventaires piagétiens. *Les expériences de Piaget*. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement, OCDE, 1977, 119 p.

PARENT R., SIMARD P.A., Les futurs soudeurs seront-ils compétents. *Profil*, vol. 5, no 2, décembre 1984 - janvier 1985, p. 13.

PASSOW Henry, Tackling The Reform Reports of the 1980s. *Phi Delta Kappan*, vol. 65, number 10, 1984, pp. 674 - 683.

PEDROTTI F.L. et PEDROTTI L.S., Evaluation Report of Project Consultants/Editors in Technical Education Research Center, *Unified Technical Concepts, Phase II*, ED 190 746, pp. 154 et 155.

PIAGET J., Fondements scientifiques pour l'éducation de demain. *Education et développement*, 2, janvier 1973, pp. 6-22.

PIAGET J., *La psychologie de l'intelligence*. Paris, Armand Colin, 212 p.

PIAGET J., INHELDER B., *La psychologie de l'enfant*. Paris, P.U.F. 1968, 126 p.

PIAGET J., *Mes idées*. Paris, Denoël-Gonthier, Bibliothèque Médiations, 153, 1977, 184 p.

PIAGET J., *Où va l'éducation*, Paris, Bibliothèque Médiations, 100, Unesco, 1979, 133 p.

PIAGET J., Préface in Aebli Hans, *Didactique psychologique*. Delachaux et Niestlé, 1951, pp. V et VI.

PIAGET J., *Problèmes de psychologie génétique*. Paris, Bibliothèque Médiations, 95, Denoël-Gonthier, 1972, 174 p.

PIAGET J., Six études de psychologie. Genève, Éditions Gonthier, 1964, 188 p.

PIAGET J., INHELDER B., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent, Paris, P.U.F., 1970, 314 p.

PIAGET J., INHELDER B., La genèse ds structures logiques élémentaires, Delachaux et Niestlé, 1967, 295 p.

PRATZNER F.C., Testing an Empirical Procedure for Identifying Technical Associative Conceptual Structure: Discriminating Between Workmen Within and Between Two Occupations. Unpublished Doctoral Thesis. Minneapolis, Minn.: University of Minnesota, 1969, 228 p.

Principles of Technology. Center for Occupational Research and Development and Agency for Instructional Technology, 1984 (Dépliant publicitaire).

PROSSER Michael, Relationship between the Cognitive Abilities of a Group of Tertiary Physics Students and the Cognitive Requirements of their Text book, Science Education, 67, 1, 1983, pp. 75 - 83.

RASOR Leslie, Lane Community College Skills Training for Disadvantaged Students. Project Report. March 1979 - March 1980. Lane Community College. Eugene, Oregon, June 1980, ED 190 765, 62 p.

RENNER J.W. and DARPEL G., Piaget's Developmental Model: A Basis for Research in Science Education. School Science and Mathematics, LXXX, 3, whole 701, march 1980, pp. 193-198.

ROBERT, Paul, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française. Paris, Société du Nouveau Littré, tome quatrième, 1980, 899 p.

ROBERT Paul, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française. Paris, Le Robert, 1981.

ROTBERG Iris. C., A New Perspective on Math and Science Education. Phi Delta Kappan, vol. 65, number 10, june 1984, pp. 668-673.

ROUSSE B.F., Socratix 1, Profil, Octobre, vol. 5, no 1, p. 6.

ROUSSE B.F., CLOUTIER J.F., et STOLOVITCH H.D., Prolongation de subvention P.P.M.E.P., Université de Montréal, PPMEP-Technologie éducationnelle. Faculté des sciences de l'éducation, novembre 1984, 15 p.

SÉVIGNY Marc, Un atelier de culture et un instrument de changement social. Éducation Québec, vol. 9, no 7, 1980, pp. 30-31.

SIMARD P.A., CLICHE J.M., Connaissances en sciences de base pour l'apprentissage des techniques de soudage. 3e Colloque national: Recherche et prospective en formation professionnelle au Québec - Actes - U.Q.T.R., 1984, pp. 231-233.

SMITH A., Generic Skills. Information Canada, Prince Albert, (Saskatchewan), 1973.

SMITH A., Generic Skills - Technical Supplement. Information Canada, Prince-Albert, (Saskatchewan), 1973.

SMITH A., Generic Skills - Research and Development. Centre de recherche et de développement en formation, Prince Albert, (Saskatchewan), 1975.

SMITH A., Habiletés génériques - Clés du rendement professionnel. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1978.

SMITH A., Habiletés génériques - Familles d'emplois. Commission de l'emploi et de l'immigration au Canada, 1979.

SMITH A., Habiletés génériques - Modèle de programme d'enseignement professionnel dans les écoles secondaires pour les métiers manuels. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario, 1979.

SMITH A., Habiletés génériques - Possibilités d'adaptabilité dans les métiers manuels. Commission de l'emploi et de l'immigration du Canada, Ottawa, Ontario.

SMITH A., What are generic skills? Adult Training, vol. 3, no 1, 1977.

SMITH A. de W. et HATTON J.T., *Generic Skills Science Research Project, Technical Report*, Department of Manpower and Immigration, Ottawa and St-Lawrence College, Brockville, Ontario, March 1977.

SMITH A., HATTON J.T., *Generic Skills Science Research Project - Supplement to the Technical Report* - Department of Manpower and Immigration, Ottawa and St-Lawrence College, Brockville, Ontario, October 1977.

SMITH A. de W. et HATTON J.T., Science Skills - Aristotle or Archimede? *Canadian Vocational Journal*, vol. 13, no 1, 22-31 et 48, 1977.

SMITH B.S., *Testing an Empirical Procedure for Identifying Technical Associative Conceptual Structure: Discriminating Between Flexible and Inflexible Radio and Television Repairman. Unpublished Doctoral Thesis.* Minneapolis, Minn.: University of Minnesota, 1968, 174 p.

SPITZER D.R., *Concept Formation and Learning in early Childhood*. Columbus, Charles E. Merrill, 1977.

SMITH Stuart L., *A l'école des sciences La jeunesse canadienne face à son avenir*. Rapport 36, Hull, Centre d'édition du Gouvernement du Canada, avril 1984, 91 p.

ST-LAURENT Rodrigue, MOUNIVONGS Khamblay et coll., *Identification de besoins en sciences physiques et élaboration d'une didactique appliquée à l'enseignement professionnel*. PPMEP, Université du Québec à Chicoutimi, avril 1983, 76 p.

Technical Education Research Center, *Unified Technical Concepts, Phase I, Final Report*. ED 169 222, 109 p.

Technical Education Research Center, *Unified Technical Concepts, Phase II, Expand Applications to Industrial Technologies and Adult Education. Final Report*. ED 190 746, 193 p.

Twentieth Century Fund Task Force on Federal Elementary and Secondary Education Policy. *Making The Grade*. New York, Twentieth Century Fund, 1983, 175 p.

Unesco, *Guide de l'Unesco pour les professeurs de sciences*, Paris, Organisation des Nations-Unies pour l'éducation, la science et la culture, 1981, 217 p.

WEBER J.M. and others, *A Quantitative Study of Basic Skills in Vocational Education*, Ohio State University, Columbus, NCRVE, Janvier 1982, ED 215 174, 280 p.

WOLANSKY W. and DU VALL J.B., Curriculum Relevance for Industrial Arts. *Journal of Industrial Teacher Education*, 1975, vol. 12, no 4, pp. 55-66.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Science
Direction générale de l'enseignement
et de la recherche universitaires

7731-0113
68-867-0687